

**“DESARROLLO DE UN MODELO PORCINO DE  
COLGAJO DE ARTERIAS PERFORANTES  
BASADO EN LA ARTERIA EPIGÁSTRICA  
INFERIOR PROFUNDA (DIEP): ESTUDIO  
ANATÓMICO Y PROPUESTA DE  
MODIFICACIONES”**

*“Development of a porcine model of perforating  
artery skin flap based on the deep inferior epigastric  
artery (DIEP): anatomical study and proposal of  
modifications”*

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**MÁSTER DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN MEDICINA**

**CURSO ACADÉMICO 2016/2017**

**ENARA REOLA RAMIREZ**



**Universidad  
Zaragoza**



**“DESARROLLO DE UN MODELO PORCINO DE  
COLGAJO DE ARTERIAS PERFORANTES  
BASADO EN LA ARTERIA EPIGÁSTRICA  
INFERIOR PROFUNDA (DIEP): ESTUDIO  
ANATÓMICO Y PROPUESTA DE  
MODIFICACIONES”**

*“Development of a porcine model of perforating  
artery skin flap based on the deep inferior epigastric  
artery (DIEP): anatomical study and proposal of  
modifications”*

**DIRECTOR DE TESIS**

**Dr. Valentín Yuste Benavente**

**CO-DIRECTOR DE TESIS**

**Dr. Antonio Güemes Sánchez**

**COLABORADORES**

**Dra. Cristina Pastor Oliver**

## **ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Reconstrucción mamaria.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. El colgajo DIEP.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Entrenamiento quirúrgico y curva de aprendizaje.....</b>	<b>28</b>
<b>1.4. El modelo porcino.....</b>	<b>28</b>
<b>2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS.....</b>	<b>34</b>
<b>2.1. Hipótesis de trabajo.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2. Objetivo principal.....</b>	<b>34</b>
<b>2.3. Objetivos secundarios.....</b>	<b>34</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>35</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>56</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

El cáncer de mama es el cáncer más frecuentemente diagnosticado y la causa oncológica más importante de muerte en mujeres<sup>1</sup>. La incidencia es mayor en Norte América, Australia, Nueva Zelanda, y en el norte y oeste de Europa; mientras que en Asia y África Sub-sahariana la incidencia es menor<sup>2</sup>. El tratamiento del cáncer de mama es multidisciplinario e incluye a distintas especialidades entre las que se encuentran la cirugía, la radioterapia y la oncología médica. Gracias a esta coordinación multidisciplinar se ha conseguido disminuir la mortalidad de este tipo de cáncer<sup>3</sup>.

Dentro del tratamiento global del cáncer de mama, la reconstrucción mamaria es una parte muy importante. En los últimos años se han desarrollado técnicas muy sofisticadas para optimizar la apariencia de la mama reconstruida, limitar las comorbilidades de la zona donante y prolongar los resultados en el tiempo. El uso de tejido autólogo permite obtener una textura y apariencia similar a la mama contralateral en comparación con la reconstrucción mediante implantes mamarios. Se han descrito diversas localizaciones donadoras de tejido como la parte inferior del abdomen, el muslo y el glúteo; de todos esos colgajos el que ha demostrado una mayor adecuación y menor morbilidad es el colgajo dermograso basado en perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP). No obstante, la disección microquirúrgica y la posterior anastomosis requieren de unas habilidades quirúrgicas que no siempre son fáciles de adquirir. Todo ello hace imprescindible hallar un modelo experimental en el que desarrollar dichas habilidades quirúrgicas para acelerar el aprendizaje y disminuir las complicaciones asociadas al inicio en la microcirugía.

### **1.1. Reconstrucción mamaria**

#### **A) MOMENTO DE LA RECONSTRUCCIÓN**

En cuanto al momento de la reconstrucción ésta puede ser inmediata, diferida o diferida-inmediata. La reconstrucción inmediata está reservada para aquellas pacientes en estadios precoces de cáncer de mama que no requieran radioterapia postmastectomía. Esta técnica obtiene los mejores resultados estéticos y recuperación de la calidad de vida de la paciente en un breve periodo de tiempo. Cuando la radioterapia postmastectomía es precisa se recurre a la reconstrucción diferida. Dada la fibrosis producida por la radioterapia, suele ser necesaria la resección del tejido

fibrótico y posterior reconstrucción mediante colgajos de tejido autólogo. Los resultados estéticos obtenidos de esta manera suelen ser inferiores a la reconstrucción inmediata<sup>4</sup>. En aquellos casos en los que no esté clara la necesidad de radioterapia se suele colocar un expansor de tejidos a nivel subpectoral tras la mastectomía. En el caso de no ser necesaria la radioterapia se podrá finalizar la reconstrucción mediante la colocación de una prótesis o tejido autólogo. En caso de que se aplicara radioterapia, la reconstrucción final se realizaría preferentemente con tejido autólogo.

## **B) CONSIDERACIONES ONCOLÓGICAS**

Cada vez son más demandadas las técnicas de mastectomía ahorradoras de piel y del complejo areola-pezones (CAP) ya que permiten la reconstrucción inmediata de la mama consiguiendo de una manera rápida recuperar su forma previa a la cirugía. Históricamente se creía que era necesaria la resección del complejo areola-pezones para la total eliminación del epitelio ductal incluido en el pezón<sup>5</sup>. No obstante, cada vez son más los cirujanos que defienden la preservación del CAP tanto en mastectomías profilácticas como terapéuticas para tumores pequeños alejados del CAP.

En cuanto a los beneficios de la radioterapia postmastectomía, éstos solo están firmemente establecidos para tumores en estadio T4 o 4 o más ganglios linfáticos positivos<sup>6,7</sup> aunque también se ofrece en aquellos tumores en estadio T3 con ganglios linfáticos positivos. A la hora de plantear una reconstrucción mamaria es muy importante definir el momento en el que se va a indicar la radioterapia (pre o post). En aquellos tumores que se prevea administrar radioterapia postmastectomía una vez que la mama esté reconstruida la mejor opción es la utilización de expansor y prótesis siempre y cuando la paciente cumpla los criterios necesarios y acepte. Si la radioterapia se va a administrar previa a la reconstrucción, se recomienda la utilización de tejido autólogo<sup>8</sup>.

Las terapias sistémicas empleadas se dividen en: endocrinas, citotóxicas y biológicas. Los tumores hormono-dependientes se tratan con supresores de la producción de estrógenos a nivel de los ovarios, tamoxifeno o inhibidores de la aromatasa según proceda. Los tumores no hormono-dependientes o pacientes con un riesgo intermedio-alto se tratarán con quimioterapia. Para aquellos tumores que expresen el receptor del factor de crecimiento epidérmico humano tipo 2 (HER2/c-neu (ErbB-2)) serán candidatos del tratamiento con Trastuzumab.

### **C) OPCIONES RECONSTRUCTIVAS**

La clave para obtener el mejor resultado estético es adecuar la técnica a las características de la paciente y el tumor. Los factores a tener en cuenta son: localización/tipo de tumor y extensión de la resección; factores de riesgo de la paciente; necesidad de radioterapia adyuvante y si ésta es pre o post cirugía; si hay disponibilidad de tejido donante a nivel local o a distancia; tamaño y forma deseada de la mama que va a ser reconstruida; y lo más importante, las preferencias de la paciente<sup>9</sup>.

#### **➤ Opciones basadas en Implantes mamarios**

##### ***i. Reconstrucción en un tiempo: colocación directa de la prótesis***

Este tipo de reconstrucción generalmente se reserva para aquellas pacientes en las que se va a realizar una reconstrucción inmediata tras mastectomía ahorradora de piel o de CAP y cuyas mamas son pequeñas, sin gran ptosis y que desean mantener un volumen mamario similar al que poseían antes de la cirugía.

##### ***ii. En dos tiempos: prótesis tras expansor.***

Es la reconstrucción basada en implantes más utilizada ya que permite conocer la viabilidad de la piel remanente tras la mastectomía al colocar un expansor de tejido parcialmente relleno bajo el musculo pectoral mayor. Una vez alcanzado el volumen deseado y tras comprobar la correcta perfusión de la piel el expansor es reemplazado por una prótesis. También es la técnica utilizada cuando no es posible realizar una técnica ahorradora de piel y el tejido remanente no es suficiente para cubrir el implante sin ejercer una gran tensión. Las desventajas de esta técnica se pueden resumir en: adelgazamiento del músculo pectoral mayor; una menor expansión del polo inferior; y dolor asociado a la elevación del músculo serrato o de su fascia. El porcentaje de complicaciones con esta técnica van del 8 al 60%. En cuanto al uso de implantes salinos o de silicona, la satisfacción de las pacientes es mucho mayor con éstos últimos<sup>10,11</sup>.

##### ***iii. Matriz dérmica acelar***

La matriz dérmica acelar puede ser utilizada tanto en la reconstrucción en un tiempo como en dos tiempos para dar volumen a aquellas zonas que no se puedan rellenar

satisfactoriamente con el implante, como por ejemplo el polo inferior o cuando no existe una adecuada cobertura de la prótesis por parte del músculo pectoral mayor. Contrariamente a lo que se creía, la colocación de esta matriz no influye en la aparición de la contractura capsular<sup>12</sup>.

#### ***iv. Complicaciones***

Las complicaciones tempranas asociadas a la reconstrucción mediante expansores y prótesis incluyen infección, seroma, hematoma, necrosis, malposición o exposición del implante, contractura capsular, visualización de arrugas y rotura del implante. Se estima que la tasa de reintervención ronda el 30%. En los últimos años se ha advertido una posible asociación entre los implantes y el linfoma anaplásico de células grandes T.

#### ***➤ Reconstrucción mediante tejido autólogo***

Ese tipo de reconstrucción está más indicado para pacientes jóvenes dado la durabilidad de los resultados obtenidos con este tipo de colgajos. Las zonas donantes las vamos a clasificar en abdominales y no abdominales.

#### ***i. Zona abdominal***

Las ventajas de utilizar esta zona como donante incluyen la abundancia de tejido adiposo y la vascularización fiable con una mínima cicatriz similar a la obtenida tras una abdominoplastia.

#### ***1) Colgajo TRAM pediculado***

El aporte sanguíneo proviene de la arteria epigástrica superior a través de las ramas que da para la irrigación del músculo recto abdominal y el tejido blando suprayacente. Tras la disección del colgajo se crea un túnel subcutáneo desde la zona donante hasta la zona de la mastectomía. Se puede emplear el colgajo ipsilateral, contralateral o incluso bilateral en caso necesario.

#### ***2) Colgajo TRAM libre***

Este colgajo se basa en el pedículo dominante de la arteria epigástrica inferior, permitiendo la transferencia de un gran volumen de tejido con un mínimo riesgo de necrosis grasa. Las zonas mejor perfundidas de este colgajo son aquellas localizadas ipsilateralmente al pedículo. Este colgajo permite realizar reconstrucciones con una



mayor seguridad de supervivencia del colgajo en pacientes de alto riesgo (fumadoras, obesas o diabéticas) dado su gran aporte sanguíneo. La anastomosis microvascular suele realizarse al pedículo toracodorsal o los vasos mamarios internos.

### **3) Colgajo TRAM ahorrador de músculo**

Este colgajo es una transición hacia el colgajo basado en la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP) con una menor comorbilidad del sitio donante dado que respeta la mayor parte del músculo recto abdominal. Puede obtenerse de forma pediculada o libre.

### **4) Colgajo DIEP**

Como ya hemos dicho, el colgajo DIEP es una evolución del colgajo TRAM ahorrador de músculo que se basa en los vasos perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda, rama de la arteria iliaca externa, que irrigan la piel y tejido subcutáneo del abdomen. La comorbilidad del sitio donante es mínima dado que no es necesaria la disección de tejido muscular. Tan solo es necesario hallar la/s arteria/s perforante/s dominante/s y disecarla/s hasta su origen en la arteria epigástrica inferior profunda. No obstante, su disección puede ser bastante ardua y la vascularización del colgajo suele ser menor que en el caso del colgajo TRAM dado el menor número y diámetro de los vasos por lo que habría que reconsiderar esta opción en aquellas pacientes con factores de riesgo. También se ha podido comprobar un mayor riesgo de congestión venosa, pérdida parcial del colgajo y necrosis grasa en comparación con el colgajo TRAM<sup>13</sup>.

### **5) Colgajo SIEA**

Al contrario que los colgajos TRAM y DIEP que están basados en arterias perforantes, el colgajo cutáneoadiposo basado en la arteria epigástrica inferior superficial es de tipo axial directo. Esta arteria nace de la arteria femoral común e irriga la piel y tejido subcutáneo de la zona inferior del abdomen ipsilateral. En caso de que esta arteria tuviera un calibre adecuado sería la mejor opción reconstructiva con una menor comorbilidad de la pared abdominal dado que no es necesaria ninguna incisión sobre la fascia o el músculo recto abdominal; no obstante, esta técnica solo es posible en un 30% de las pacientes. Además se han de tener en consideración otros aspectos que obligarían a convertir un SIEA en DIEP: (1) las pacientes con incisiones de tipo

Pfannenstiel suelen tener seccionadas la arteria y/o vena epigástrica superficial y (2) en caso de existir una discrepancia mayor de 0,5 mm entre los diámetros de los vasos receptores y los donantes.

#### **i. Otras zonas donantes**

En aquellas pacientes en las que el tejido subcutáneo abdominal no sea suficiente o presenten alguna cicatriz abdominal que contraindique la realización de colgajos abdominales será necesario el uso de un colgajo alternativo.

##### ***1) Colgajo glúteo***

A pesar de que este colgajo aporta gran volumen de tejido adiposo para la correcta reconstrucción mamaria es considerado de segunda línea porque la disección quirúrgica puede ser compleja, hay que reposicionar intraoperatoriamente a la paciente incrementando el tiempo quirúrgico y las tasas de fracaso son mayores. Si comparamos el pedículo de la arteria glútea superior y la inferior, éste último es más largo y la cicatriz puede ser disimulada con mayor facilidad en el surco glúteo. El inconveniente de basar este colgajo en la arteria glútea inferior es la posibilidad de irritar el nervio ciático.

##### ***2) Colgajo gracilis***

Este colgajo se basa en las perforantes de la arteria femoral circunfleja media. Las complicaciones que podemos encontrar al realizar este colgajo son: cicatrices ensanchadas, linfedema del miembro inferior y una mayor tasa de cirugías secundarias para aumentar el volumen obtenido. Por estos motivos se considera un colgajo de segunda línea útil en casos de reconstrucciones inmediatas en mamas de pequeño tamaño.

#### **➤ Reconstrucción combinada con tejido autólogo e implantes**

##### ***i. Colgajo Latissimus Dorsi pediculado***

Se trata de un colgajo muy fiable basado en el pedículo toracodorsal pero con el que se obtienen volúmenes muy pequeños por los que suele ser necesaria la inserción de una prótesis mamaria. En los casos en los que se haya realizado un vaciamiento ganglionar

previo suele ser recomendable la visualización del pedículo vascular toracodorsal mediante alguna técnica de imagen para corroborar la indemnidad de dicho pedículo. La isla cutánea se puede dibujar en dirección oblicua o vertical.

➤ **Reconstrucción del complejo areola-pezón (CAP)**

Para finalizar, el toque final de la reconstrucción mamaria consiste en la creación de un nuevo complejo areola-pezón. Existen diversas técnicas que incluyen colgajos locales, injertos compuestos e injertos del pezón contralateral cuando éste es de gran tamaño.

El mejor momento para la reconstrucción es al menos transcurridos 2 meses desde la reconstrucción, una vez que la mama logra su forma final.

➤ **Complicaciones**

Las complicaciones precoces asociadas con la reconstrucción mediante tejido autólogo incluyen problemas de cicatrización y necrosis. En la zona donante podemos encontrar infección, hematoma, seroma, retraso en la cicatrización, dehiscencia de sutura y necrosis grasa y de la piel. La tasa de complicaciones se ve incrementada en aquellas pacientes fumadoras, obesas, diabéticas, con cicatrices abdominales y a las que se les ha aplicado radioterapia postmastectomía. Las complicaciones a largo plazo que podríamos encontrar se centran en la zona donante y son más frecuentes en aquellas técnicas que emplean la musculatura. Entre ellas destacaríamos la hernia abdominal o la laxitud de la pared abdominal.

## **1.2. Colgajo DIEP**

Como ya hemos comentado anteriormente, el abdomen inferior es una fuente ideal de tejido autólogo dermograso, especialmente para la reconstrucción mamaria. La mayoría de pacientes que desarrollan cáncer de mama se encuentran en la edad en la que también presentan exceso de tejido adiposo y piel abdominal por lo que no suele haber problema a la hora de obtener tejido suficiente para la reconstrucción, obteniendo una mama de volumen y características similares a la contralateral. Especial relevancia tienen los colgajos dermograsos basados en perforantes de la

arteria epigástrica inferior profunda (DIEP) o superficial (SIEA) dado que respetan la musculatura abdominal disminuyendo las comorbilidades del sitio donante. Por este motivo se han convertido en la primera opción reconstructiva.

## **A) RECUERDO HISTÓRICO**

El colgajo DIEP y otros colgajos de perforantes abdominales tienen su origen en el trabajo publicado por Stuart Milton en los años 1960. Por aquella época se empleaban colgajos con vascularización aleatoria hasta que en 1970-1971, utilizando un modelo porcino, demostró que se podían disecar colgajos mucho mayores de forma segura si éstos se basaban en un vaso conocido, también llamados colgajos axiales. El primero en utilizar este concepto de colgajo axial pediculado para transferir tejido abdominal a la zona torácica para la reconstrucción mamaria usando la arteria epigástrica superior e incluyendo en el colgajo el músculo recto abdominal (colgajo TRAM) fue Drever en 1977. Más tarde, en 1982, Hartrampf<sup>14</sup> demostraría que la isla cutánea podía ser disecada transversalmente en el abdomen. En 1973, el término “colgajo libre” fue utilizado por primera vez por Taylor y Daniel para describir la transferencia a distancia de un colgajo cutáneo mediante una anastomosis microvascular. Más adelante, en 1975, estos mismos autores describirían anatómicamente las zonas donantes de los colgajos libres más utilizados en la actualidad. En 1979, Holstrom describió el uso del colgajo TRAM libre para la reconstrucción mamaria. Dada la comorbilidad observada en la zona abdominal donante se fueron desarrollando técnicas que preservaban la musculatura abdominal. Estas técnicas ahorradoras de músculos fueron introducidas por Elliott y Feller. En 1989, Koshima refinó dichas técnicas y empleó por primera vez el colgajo dermograso abdominal basado en la arteria epigástrica inferior profunda para la reconstrucción de cabeza y cuello. De manera independiente, Allen y Treece en 1992, consiguieron transferir con éxito un colgajo DIEP para la reconstrucción mamaria. El DIEP ganó popularidad rápidamente ya que aportaba las mismas ventajas en materia de reconstrucción que el TRAM pero sin la morbilidad añadida de sacrificar un importante músculo.

Al mismo tiempo, otros cirujanos realizaban transferencias de la misma región abdominal inferior pero basándose en los vasos epigástricos inferiores superficiales. En 1976, Boeckx publicó su experiencia con 6 colgajos libres basados en la arteria epigástrica inferior superficial (SIEA), la mayoría de ellos empleados para

reconstrucción facial. En 1984, Hester *et al* demostraron con éxito la polivalencia del colgajo y fue Grotting en 1991 el primero en usar el colgajo de la abdominoplastia para reconstrucción mamaria. El colgajo SIEA aporta abundante superficie cutánea y tejido adiposo subcutáneo con mínima morbilidad de la zona donante ya que preserva toda la musculatura abdominal.

En esta época en que la Ciencia avanza rápidamente, los colgajos de perforantes constituyen un importante paso en la interminable búsqueda del mejor resultado con el menor coste para el paciente. Los colgajos DIEP y SIEA aportan gran calidad en la reconstrucción con tejido autólogo con la mínima morbilidad y deberían ser tenidos en cuenta por el cirujano de hoy en día.

## **B) COLGAJO DE PERFORANTES**

Antes de comenzar la descripción pormenorizada de los colgajos DIEP y SIEA, sería recomendable describir brevemente en qué consisten los colgajos de perforantes.

El colgajo de perforante es aquel tejido irrigado a través de una arteria perforante. El término perforante describe un vaso sanguíneo que es rama de un vaso de mayor calibre y nutre un determinado territorio de tejido o angiosoma<sup>15</sup>. Mathes y Nahai clasificaron los colgajos fasciocutáneos en un sistema tripartita basándose en los tres tipos principales de perforantes: tipo A (vaso cutáneo directo), tipo B (vaso septocutáneo) y tipo C (vaso musculocutáneo). Las perforantes se pueden clasificar en: (1) directas si siguen un trayecto desde vaso principal hasta la piel sin nutrir ninguna estructura profunda (tipo A y B de Mathes y Nahai) y (2) indirectas si atraviesan primero una estructura intermedia antes de alcanzar el plexo subdérmico (tipo C de Mathes y Nahai). En cuanto los patrones de ramificación de las perforantes musculocutáneas encontramos: (1) perforantes tipo 1 que atraviesan casi directamente desde la fascia profunda hasta el plexo subdérmico sin emitir ramas; (2) perforantes tipo 2 que emiten ramas en el tejido adiposo, justo antes de alcanzar el plexo subdérmico, discurriendo de forma paralela a la superficie del colgajo (por ejemplo la arteria circunfleja femoral lateral del colgajo de tensor de la fascia lata o la arteria epigástrica inferior profunda del colgajo DIEP); y perforantes tipo 3 que discurren por la fascia profunda una distancia indeterminada hasta alcanzar el tejido subcutáneo (por ejemplo a arteria circunfleja femoral lateral del colgajo ALT).

Los colgajos de perforantes no siempre son cutáneos; se puede eliminar el componente cutáneo para crear un colgajo adiposo o adiposofascial. Su nomenclatura se basa en la arteria principal de origen.

Las ventajas propuestas de los colgajos de perforantes son<sup>16</sup>: (1) reducen la morbilidad del sitio donante; (2) reducen el dolor postoperatorio; (3) la recuperación es más rápida y la estancia hospitalaria más breve; (4) existe menor dificultad para tallarlos o adelgazarlos para cubrir o rellenar defectos; y (5) el pedículo es más largo que con el colgajo musculocutáneo correspondiente.

En cuanto a los puntos técnicos de los colgajos de perforantes decir que (1) se puede incrementar la longitud de su pedículo disecando la perforante hasta su origen; (2) se debe preservar deliberadamente una vena perforante subcutánea u otra vena de gran tamaño durante su obtención para sobrecargar el flujo de salida en caso de que exista congestión venosa; y (3) la necesidad de estudios preoperatorios depende del cirujano: se pueden identificar perforantes en el preoperatorio con ecografía Doppler color, tomografía computerizada, angiografía o Doppler manual audible.

### **C) INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES**

Los colgajos tipo DIEP y SIEA se utilizan sobre todo en reconstrucción mamaria postoncológica, ya sea tras mastectomía o cirugía conservadora, porque aportan tejido de características similares a la mama. Aunque comparte las mismas indicaciones que el colgajo DIEP, el SIEA es más adecuado en situaciones clínicas que precisen sólo una moderada cantidad de tejido para reconstrucciones mamarias uni o bilaterales<sup>17</sup>. Esto es porque la perfusión del lado contralateral del colgajo es menos fiable que en el DIEP. Las pacientes obesas presentan a menudo un sistema superficial bien desarrollado y pueden por tanto ser buenas candidatas a un colgajo tipo SIEA.

Aún en el campo de la cirugía mamaria, los colgajos tipo DIEP y SIEA pueden ser utilizados para corregir asimetrías congénitas como el Síndrome de Poland o como técnica de rescate en una prótesis de aumento complicada. Los colgajos tipo DIEP y SIEA también han sido empleados con excelentes resultados en el aumento mamario estético con tejido autólogo.

El colgajo DIEP puede ser útil en reconstrucción de cabeza y cuello, especialmente en casos que requieran volumen como una glosectomía total. Su largo pedículo alcanza

fácilmente los vasos cervicales y el colgajo se puede elevar al mismo tiempo que se lleva a cabo la cirugía ablativa reduciendo de esta manera el tiempo quirúrgico. También se ha descrito el uso de los colgajos DIEP y SIEA para reconstrucción del contorno facial en deformidades como en la enfermedad de Romberg. Además, otras buenas indicaciones para un colgajo DIEP son los defectos en las extremidades superiores e inferiores especialmente cuando se necesitan volumen y una gran cobertura cutánea<sup>18</sup>.

Por último, una aplicación menos común del DIEP es su uso como colgajo pediculado para la reconstrucción de defectos locorreionales. Disecando los vasos epigástricos inferiores profundos hasta su origen, un colgajo DIEP cubrirá fácilmente el periné, el trocánter mayor, el sacro e incluso el tercio medio del muslo.

Más importantes incluso que las indicaciones son las contraindicaciones. Entre las contraindicaciones absolutas se encuentran la abdominoplastia o la lipectomía abdominal previa y el tabaquismo activo (incluido un mes previo a la intervención quirúrgica). De las contraindicaciones relativas se pueden destacar las liposucciones abdominales, cicatrices abdominales transversas u oblicuas largas y cicatrices de apendicectomía; en estos casos es recomendable realizar un examen preoperatorio con Doppler o con TAC previa a la planificación del DIEP o SIEA. La obesidad o la radioterapia tras la intervención quirúrgica también se consideran contraindicaciones relativas<sup>17</sup>; En cuanto a esto último, se han podido comprobar mejores resultados a largo plazo cuando se aplica la radioterapia previa a la realización de la reconstrucción mamaria que cuando se irradia la mama una vez reconstruida<sup>19</sup>.

## **D) ANATOMÍA REGIONAL HUMANA DE LA PARED ABDOMINAL**

### **➤ Sistema arterial**

El aporte sanguíneo a la parte anterior del tronco se basa en 2 arcadas epigástricas, cada una de las cuales conecta la arteria ilíaca externa con la arteria subclavia a través del músculo recto abdominal. Caudalmente, la arteria epigástrica inferior profunda se origina en la arteria iliaca externa, proximal al ligamento inguinal. Transcurre superomedialmente por el tejido extraperitoneal, atraviesa la fascia transversalis y origina 2 ó 3 pequeñas ramas peritoneales. Entonces entra en la vaina de los rectos pasando anterior a la línea arcuata. Después de penetrar el músculo, la arteria

epigástrica inferior profunda generalmente se divide en 2 ramas principales. La rama lateral es dominante en un 50% de los casos y la medial en un 7%. Ambas presentan un calibre similar en un 15% de los casos y en un 28% se presenta como un eje central con múltiples ramas secundarias<sup>18</sup>. La porción craneal de la arcada epigástrica está compuesta por la arteria mamaria interna, la cual se origina en la arteria subclavia. La arteria mamaria interna continúa por el abdomen como arteria epigástrica superior para finalizar en una zona a medio camino entre la apófisis xifoides y el ombligo. En esta región existen múltiples anastomosis entre el sistema epigástrico superior y el inferior. Lateralmente, la arcada epigástrica se anastomosa con las ramas terminales de las 6 arterias intercostales más caudales, así como con la rama ascendente de la arteria circunfleja iliaca profunda.

En el caso del aporte sanguíneo a la pared abdominal en humanos la arteria epigástrica inferior profunda es relativamente más importante que la arteria epigástrica superior dado que (1) el diámetro de la arteria epigástrica inferior profunda es mayor, con un diámetro externo de 3.4 mm en su punto de origen en comparación con los 1.6 mm de diámetro externo de la arteria epigástrica superior; (2) la gran mayoría de perforantes cutáneas se localizan en la región periumbilical, inferior a la zona anastomótica, es decir, en el territorio de la epigástrica inferior profunda.

Hay ramas musculares para el músculo recto abdominal, perforantes miocutáneas que prestan una mayor contribución al músculo que a la piel y viceversa, perforantes que contribuyen principalmente a la vascularización cutánea. Obviamente, estas últimas constituyen el objetivo a identificar y usar para vascularizar el colgajo DIEAP. En ocasiones, se identifican perforantes que rodean el borde del músculo recto abdominal y que no lo atraviesan. Estas perforantes fasciocutáneas pararectales pasan, bien medialmente justo al lado de la línea alba, o bien lateralmente, desde los vasos segmentarios laterales a través de la aponeurosis del músculo oblicuo externo. En general, aunque las perforantes de pequeño calibre son numerosas, hay una media de 5 perforantes con un diámetro mayor de 0.5 mm que nacen de cada epigástrica inferior profunda<sup>20</sup>. A veces se encuentran perforantes de hasta 1.5 mm.

Después de atravesar la vaina anterior del recto anterior, las diferentes perforantes realizan distintos recorridos a través del tejido adiposo subcutáneo. Algunas ascienden verticalmente hacia la piel suprayacente mientras que otras presentan un trayecto más horizontal. Las perforantes generalmente se ramifican fractalmente hasta encontrarse



con el plexo subdérmico. A través del plexo subdérmico, se encuentra el segundo nivel de canales anastomóticos entre los vasos principales. Aquí es donde las perforantes procedentes de la epigástrica inferior profunda se unen con las ramas cutáneas de la arteria epigástrica superior, las arterias intercostales inferiores, las arterias iliacas circunflejas profunda y superficial, la arteria epigástrica inferior superficial, la arteria pudenda superficial externa y la arteria epigástrica inferior profunda contralateral. El plexo subdérmico conforma la red vascular de los colgajos cutáneos abdominales más inferiores y es la razón por la que una isla cutánea o adiposa puede ser perfundida bien por la epigástrica inferior profunda o bien por la superficial. Si se ligaran todos los vasos que nutren el plexo subdérmico excepto una perforante, el área de piel irrigada se determinaría por la presión que esta perforante crease en el sistema. Por lo tanto, el diámetro y el patrón de ramificación de la perforante constituyen los puntos clave para definir el territorio clínico de los colgajos de perforantes.

La arteria epigástrica inferior superficial constituye el segundo suministrador sanguíneo para la piel de la región inferior abdominal. Esta arteria es un vaso cutáneo directo que se origina en la arteria femoral común, 2-3 cm por debajo del ligamento inguinal en el 17% de los casos o en un tronco común con la arteria iliaca circunfleja superficial en el 48% de los pacientes<sup>18</sup>. La arteria se encuentra ausente o hipoplásica en el 35% de los sujetos<sup>21</sup> y en tales casos se sustituye por una gran rama ascendente de la arteria iliaca circunfleja superficial. La arteria epigástrica inferior superficial pasa craneal y lateralmente por el triángulo femoral, cruzando el ligamento inguinal por su punto medio y yace profunda a la fascia de Scarpa. El vaso continúa superomedialmente hacia el ombligo, penetrando la fascia de Scarpa bastante por encima del ligamento inguinal, para seguir por el tejido subcutáneo superficial. A menudo, la arteria epigástrica inferior superficial se anastomosa con grandes perforantes periumbilicales.

#### ➤ **Sistema venoso**

La anatomía del sistema venoso de la zona abdominal inferior es similar a la anatomía arterial ya que las diferentes venas concomitantes acompañan a sus arterias hacia los vasos proximales. Las pequeñas venas que perforan la vaina anterior del recto abdominal drenan en las venas epigástricas inferiores profundas y éstas en la vena iliaca externa. De modo similar, la arteria epigástrica inferior superficial se acompaña de 2 venas concomitantes que drenan en la vena femoral común y ocasionalmente, en

el bulbo safeno. Sin embargo, muchas veces estas venas son pequeñas o pueden incluso estar ausentes. Por otro lado, existe una vena que es constante y de un calibre grande en la mayoría de ocasiones, la vena epigástrica inferior superficial, que se localiza medial a la arteria epigástrica inferior superficial y más superficial.

La vena epigástrica inferior superficial no se acompaña de arteria y es tributaria de la vena safena mayor, cerca de la fosa oval. Existen conexiones anastomóticas entre este sistema superficial y las venas perforantes de la vena epigástrica inferior profunda. La vena epigástrica inferior superficial es considerada por algunos autores como el drenaje preferencial del panículo abdominal en condiciones normales y no quirúrgicas.

#### ➤ **Sistema nervioso**

La innervación motora y sensitiva de la pared abdominal depende principalmente de los nervios intercostales del séptimo al decimosegundo con alguna contribución del nervio iliohipogástrico y del ilioinguinal. Los músculos laterales están innervados por estos ocho nervios mientras que el músculo recto abdominal y el piramidal, más mediales, están innervados sólo por los intercostales. La innervación sensitiva de la piel abdominal depende de las ramas cutáneas lateral y anterior de los nervios intercostales dando lugar a dermatomas segmentarios. Hay una pequeña zona superior al pubis innervada por la rama cutánea anterior del nervio iliohipogástrico.

### **E) ANATOMÍA DE LA MAMA**

#### ➤ **Aporte arterial**

La arteria de mayor aporte sanguíneo a la mama es la mamaria interna que aporta un 60% de la circulación total a través de ramos perforantes que pasan entre el primero y cuarto espacio intercostal<sup>22</sup>. La porción externa está irrigada por la mamaria externa a través de su rama torácica lateral, la cual en algunos casos puede originarse directamente de la axilar; esta rama aporta el 30% de la vascularización. La arteria torácica lateral se dirige hacia la prolongación axilar de la glándula por su cara anterior; generalmente se divide en dos ramas paralelas que descienden lateralmente por el borde externo de la glándula, una de ellas, la más interna se dirige hacia el pezón (Maliniac) y por debajo de él termina anastomosándose con las ramas de la mamaria interna. En relación con las intercostales (ramas de la Aorta torácica), aportan el 10%

restante de la irrigación. Las verdaderas perforantes serían las externas, pues las internas del cuarto y quinto espacio dependen de la mama interna. Estas ramas intercostales externas irrigan los cuadrantes inferiores y se distribuyen en el tejido laxo retromamario; por sí solas pueden suplir los requerimientos vasculares del tejido glandular cuando este es manejado quirúrgicamente.

➤ **Drenaje venoso**

Las venas nacidas en la red capilar son más frecuentes que las arterias y siguen al trayecto arterial, dirigiéndose a la cara anterior de la mama donde forman por debajo de la piel una red de anchas mallas que constituyen el plexo venoso superficial. El drenaje del grueso de la glándula mamaria está a cargo del plexo venoso profundo; éste a su vez drena a la vena mamaria interna, las venas intercostales y la vena torácica lateral.

➤ **Inervación**

La inervación se efectúa por ramas cutáneas anteriores y laterales de los nervios intercostales segundo al sexto y de la rama supraclavicular del plexo braquial. El pezón es innervado por el cuarto nervio intercostal.

## **F) ANATOMÍA DEL COLGAJO DIEP**

➤ **Aporte arterial**

**i. Dominante**

El colgajo abdominal inferior puede estar vascularizado por la arteria epigástrica inferior profunda o por la superficial. Por definición, el colgajo DIEP está perfundido sólo por una o más perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda. Cuando se disecciona el pedículo hacia el borde del recto abdominal inferior, se obtiene generalmente un pedículo de 10 a 14 cm de longitud, dependiendo de la posición de la perforante. Éste se puede incrementar unos 4 cm si se disecciona el pedículo hasta su origen. En este punto, el diámetro de la arteria es de 3 a 3.5 mm. En el caso de un colgajo SIEA, un estudio anatómico reciente demostraba que se identificaba la arteria epigástrica inferior superficial en un 72% de los especímenes, con un diámetro medio

de 1.6 mm (de 0.75 a 3.5 mm) a nivel del ligamento inguinal<sup>23</sup>. En el 58% de los casos, la arteria se presentaba bilateralmente. La longitud del pedículo va de 4 a 7 cm.

## **ii. Menor**

El aporte sanguíneo secundario proviene de la arteria epigástrica superior, de las arterias intercostales más caudales, de las arterias iliacas circunflejas superficial y profunda y de la arteria pudenda externa. Como los colgajos DIEP y SIEA se elevan basados en sus respectivos pedículos dominantes, los vasos secundarios deben ser ligados durante la disección de los colgajos. Sin embargo, está indicado disecar un pedículo menor y anastomosarlo también al pedículo dominante para poder extender el territorio del colgajo.

### ➤ **Drenaje venoso**

#### **i. Primario**

La piel de la región abdominal inferior posee 2 sistemas de drenaje: (1) la vena epigástrica inferior profunda y (2) la vena epigástrica inferior superficial. En la mayoría de los casos, el colgajo DIEP drena principalmente a través de las venas epigástricas inferiores profundas. Estas venas presentan cerca de su unión con la vena iliaca externa un diámetro medio de 3.5 a 4.5 mm. Sin embargo, existe una relación inversa entre las venas del sistema profundo y las venas superficiales. De hecho, el sistema de la vena epigástrica inferior superficial puede ser el dominante en algunos casos. Cuando la vena epigástrica inferior superficial presenta un diámetro considerable debería ser preservada porque la vena perforante de la vena epigástrica inferior profunda puede ser insuficiente. Por el contrario, si las venas superficiales han sido interrumpidas por una incisión tipo Pfannenstiel, puede tener lugar el fenómeno de retardo con el resultado de un potenciamiento del sistema venoso profundo. Por supuesto, en el caso de un colgajo SIEA, la vena epigástrica inferior superficial constituye el drenaje venoso primario. Su diámetro alcanza de 2 a 4 mm.

#### **ii. Secundario**

El drenaje venoso secundario del colgajo está compuesto por las venas concomitantes de la arteria epigástrica inferior superficial, de la arteria epigástrica superior, de las arterias circunflejas iliacas y de las intercostales inferiores. Si las venas concomitantes

de la arteria epigástrica inferior superficial son grandes, se pueden utilizar como drenaje del colgajo. Sin embargo, generalmente presentan un diámetro inferior a 1 mm o ni siquiera existen.

➤ **Inervación**

**i. Sensitiva**

El colgajo DIEP puede ser inervado si se utiliza una de las ramas sensitivas intercostales que atraviesan el tejido subcutáneo en su camino hacia la piel, generalmente acompañando a una perforante de la arteria epigástrica inferior profunda. Tras recorrer el plano entre el músculo oblicuo interno y el músculo transverso abdominal, acompañando a sus respectivas arterias y venas intercostales, los nervios intercostales T7-T12 atraviesan el borde lateral de la vaina de los rectos y discurren por la superficie posterior del músculo. Normalmente, penetran en el recto abdominal en la unión entre el tercio medio y el lateral. En este punto, se dividen dando lugar a ramas musculares motoras para el músculo medial y lateral y ramas sensitivas puras que perforan la vaina anterior del recto abdominal para inervar la piel suprayacente. El colgajo SIEA no se utiliza como colgajo sensitivo ya que la disección de un nervio sensitivo implica disección intramuscular.

**iii. Motora**

Al no incluirse músculo en estos colgajos no existe inervación motora.

**F) VENTAJAS EN INCONVENIENTES DE LOS COLGAJOS DIEP Y SIEA**

➤ **Ventajas**

Los colgajos DIEP y SIEA comprenden todas las ventajas del colgajo TRAM excluyendo la mayoría de sus inconvenientes. Aportan gran cantidad de tejido blando bien perfundido y su tasa de complicaciones es similar a la de cualquier otra transferencia libre de tejido. La primera y más importante ventaja de los colgajos DIEP y SIEA sobre el TRAM es la mínima morbilidad de la zona donante. Como no se sacrifica músculo, la incidencia de hernias tardías y eventraciones es mínima. El problema de la asimetría abdominal y umbilical que se da con el TRAM también se evita. El dolor postoperatorio es mínimo y el tiempo de hospitalización se reduce y por tanto resulta en un menor

coste sanitario<sup>24</sup>. Es más, los pacientes retoman más rápidamente sus actividades laborales y físicas. El pedículo presenta unos centímetros más de longitud gracias a la disección intramuscular permitiendo así una mayor flexibilidad a la hora de posicionar el colgajo en la zona receptora. Además de estas ventajas, las pacientes que se someten a este tipo de reconstrucción se benefician de una mejora en su contorno abdominal con una cicatriz bastante disimulable.

#### ➤ **Inconvenientes**

El colgajo DIEP presenta pocos aspectos que puedan ser considerados como desventajas. Al igual que otros colgajos de perforantes, la intervención presenta una curva de aprendizaje bastante larga y precisa una disección delicada. La duración de la intervención es mayor que la de un TRAM libre, sobre todo si el cirujano no está familiarizado con la técnica. Rara vez el colgajo presenta congestión venosa durante su disección. Sin embargo, esta situación se soluciona con una anastomosis venosa extra en la mayoría de los casos. El volumen de tejido bien perfundido en el caso de un colgajo tipo SIEA es ligeramente menor que el de los colgajos tipo DIEP o TRAM. Es más, el pedículo del colgajo SIEA es algo más corto, haciendo que la adaptación y remodelación del colgajo sea más complicada. La arteria epigástrica inferior superficial es anatómicamente inconstante y puede estar ausente en hasta un tercio de los casos. Dado que la disección del pedículo del colgajo tipo SIEA tiene lugar en el área de los ganglios inguinales, presenta una mayor tasa de seroma en la zona donante que los colgajos DIEP o TRAM<sup>25</sup>.

### **G) DISEÑO DEL COLGAJO**

#### ➤ **Conceptos generales**

Tal como muestran los estudios de perfusión cutánea, los vasos perforantes pueden irrigar de forma fiable islas cutáneas de su propio angiosoma así como piel de los angiosomas inmediatamente adyacentes. Esto es posible gracias a la presencia de interconexiones en el plexo subdérmico. De esta manera, los colgajos DIEP pueden ser diseñados de una manera personalizada siempre y cuando estén basados en una perforante adecuada. Primero se localiza la perforante elegida en el abdomen y luego se diseña el colgajo basándose en este vaso. La extensión del colgajo puede incluir de manera fiable la piel de los angiosomas adyacentes (vasos intercostales y vasos

epigástricos inferiores contralaterales). Generalmente se marcan los colgajos DIEP siguiendo el diseño de una abdominoplastia convencional. Esto permite el cierre estético y los beneficios de la remodelación del contorno abdominal. Además, el tejido excedente disecado con el colgajo permite mayor flexibilidad en la adaptación y remodelación del colgajo en el área receptora.

➤ **Consideraciones especiales**

Hay que prestar especial atención a las cicatrices abdominales. Aunque la presencia de una cicatriz abdominal transversal baja (p.e. Pfannenstiel) pueda constituir una contraindicación para un colgajo tipo SIEA, no representa un inconveniente para los colgajos tipo DIEP ya que la incisión del margen inferior puede estar situada al mismo nivel. Sin embargo, perforantes musculocutáneas de gran calibre procedentes de los músculos rectos abdominales pueden o no hallarse presentes, según el alcance de la disección del colgajo superior realizada en la intervención previa. Por tanto, es altamente recomendable en estos casos un estudio preoperatorio con Doppler o escáner. Las cicatrices abdominales menores como las de apendicectomía también pueden ser ignoradas ya que éstas no afectan significativamente la vascularización del colgajo. Las cicatrices de la línea media sí son más problemáticas ya que limitan el flujo sanguíneo a la región contralateral del colgajo. Si se necesita el colgajo entero para la reconstrucción, una excelente idea sería realizar un colgajo para garantizar la vascularización de las dos mitades del colgajo.

➤ **Dimensiones del colgajo**

El tamaño medio de la paleta adipocutánea que se obtiene al elevar un colgajo tipo DIEP es de 34 x 14 cm pero puede alcanzar hasta 50 x 20 cm según la constitución de la paciente y los requerimientos de tejido. Lo más habitual es que la zona IV no se necesite y se descarte. En los colgajos tipo SIEA la perfusión pasada la línea media puede no ser tan fiable.

➤ **Marcado del colgajo**

Se coloca a la paciente en posición de decúbito supino. Primero se marcan las mejores perforantes según los hallazgos obtenidos con el Doppler o con el escáner de multidetectores.

Se utiliza un sistema de coordenadas centrado en el ombligo para localizar las perforantes de manera más precisa. Se puede usar un aparato doppler portátil para localizar y marcar la posición de los vasos epigástricos inferiores superficiales. Después se diseña el colgajo basado en la perforante principal. La resección cutánea total presenta generalmente una forma elíptica y abarca desde una espina iliaca anterosuperior a la contralateral.

La incisión inferior se sitúa a la altura del pliegue suprapúbico y la incisión superior se sitúa justo por encima del ombligo. La laxitud del tejido se comprobará con el test del pellizco para asegurar un cierre directo sin excesiva tensión.

#### **H) CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS**

La disección del colgajo se realiza bajo anestesia general. Es crucial que el paciente esté completamente relajado durante la disección intramuscular de las perforantes para facilitar la manipulación quirúrgica y evitar daños indebidos en el pedículo por contracciones musculares. Como la intervención puede ocupar un gran espacio de tiempo es importante llevar un control meticuloso del balance hídrico durante toda la operación para evitar híper o hipovolemia. La sobrecarga de líquidos puede causar edema del colgajo mientras que la hipoperfusión puede provocar un flujo insuficiente en el colgajo con el consiguiente aumento del riesgo de trombosis. Se deben tomar medidas de tromboprofilaxis en los períodos peri y postoperatorios.

#### **I) TÉCNICA QUIRÚRGICA**

Tras la inducción de la anestesia general se infiltran las líneas de incisión con anestésico local con epinefrina excepto en la región de los vasos epigástricos inferiores superficiales. Primero se realiza la incisión abdominal inferior. La disección del tejido subcutáneo es poco sangrante gracias al uso del bisturí eléctrico. En un punto 4-5 cm lateral a la línea media se localiza la vena epigástrica inferior superficial de cada lado. Hay que fijarse en el calibre de estos vasos ya que dan una idea de la importancia relativa del drenaje venoso superficial sobre el drenaje venoso profundo. A no ser que la vena epigástrica inferior superficial sea muy pequeña e insignificante, ésta debe ser disecada unos cuantos centímetros y ligarse con cuidado las ramas colaterales ya que puede ser utilizada de rescate en el caso de un drenaje venoso profundo insuficiente.



En el caso del colgajo tipo SIEA, la vena epigástrica inferior superficial constituye la vía de drenaje principal y debe ser disecada hasta su origen. Luego se prosigue lateralmente para identificar la arteria epigástrica inferior superficial. Ésta generalmente se localiza en el punto medio del ligamento inguinal, unos 2-3 cm lateral a la vena epigástrica inferior superficial y profunda a la fascia de Scarpa. Si el diámetro de la arteria epigástrica inferior superficial es mayor de un milímetro se puede elevar el colgajo basado en los vasos superficiales de forma fiable. Si no, se explora la arteria epigástrica inferior superficial contralateral o se reconvierte el colgajo en un tipo DIEP.

Si se toma la decisión de basar el colgajo en la arteria epigástrica inferior superficial, se disecan dicha arteria y sus 2 venas concomitantes hasta sus puntos de origen. Se realizan las incisiones periumbilical y abdominal superior y se profundiza hasta la fascia muscular. Se diseca el colgajo por un plano inmediatamente superficial a la fascia profunda tal como se realiza en una abdominoplastia clásica.

En el caso de la elevación del colgajo tipo DIEP, tras la disección de las venas epigástricas inferiores superficiales, se procede a la identificación y esqueletización de una o más perforantes musculocutáneas de cualquiera de los dos rectos abdominales. Primero se eleva el colgajo abdominal por un lado dejando el otro lado intacto y guardándolo como salvavidas. Las incisiones periumbilical y abdominal superior se realizan siguiendo el diseño preoperatorio. La parte superior del colgajo se diseca biselando hacia arriba un poco hasta alcanzar la fascia profunda. Esto permite incluir más volumen en el colgajo y evita dañar perforantes marginales. Se eleva el colgajo separándolo de la fascia profunda de lateral a medial. La disección procede rápidamente hasta llegar a la línea semilunar donde empieza una meticulosa exploración de las perforantes musculocutáneas. Se disecan secuencialmente las perforantes de mayor tamaño poniendo especial cuidado en no sacrificar ninguna perforante hasta no hallar otra más adecuada. Probablemente, el punto crucial de la intervención es la decisión de qué perforante(s) elegir.

Una vez se ha seleccionado la mejor perforante se libera circunferencialmente por encima de la fascia. La vaina anterior del recto se abre longitudinalmente desde el punto de emergencia de la perforante hacia el pubis. Generalmente hay una pequeña hendidura en la fascia alrededor de los vasos perforantes que facilita la inserción de la punta de las microtijeras. Hay que tener mucho cuidado en este punto ya que a veces el pedículo sigue un trayecto puramente subfascial y puede ser fácilmente dañado. Es

aconsejable abrir la fascia en dirección cefálica unos 2-3 cm para facilitar la exposición de la perforante. Tras la fasciotomía empieza la fase más delicada de la disección del colgajo. La disección intramuscular requiere una atención constante y un manejo meticuloso de los tejidos tanto por parte del cirujano como de los ayudantes. Es obligatorio mantener al paciente completamente relajado para evitar contracciones musculares que provoquen una avulsión del pedículo.

Se divide el músculo longitudinalmente siguiendo la dirección de las fibras minimizando de esta manera el daño muscular. Con disección roma se va separando suavemente el pedículo del tejido areolar perimisial. Se ligan cuidadosamente las ramas colaterales y se cortan. Aunque existe una gran variabilidad en el trayecto intramuscular de los vasos, generalmente es más fácil la disección en la porción más inferior ya que en este punto los vasos han pasado a la parte posterior del músculo y discurren por un plano adiposo. Durante la disección del pedículo se suelen hallar uno o más nervios segmentarios intercostales. Éstos son nervios mixtos que atraviesan la vaina de los rectos por el lateral, penetran en el músculo por la superficie posterior y se dividen en un nervio motor y otro sensitivo. Los nervios sensitivos generalmente acompañan a los vasos perforantes en su trayecto hacia la piel. Se pueden sacrificar o bien preservar para obtener un colgajo con sensibilidad. Las ramas motoras discurren horizontalmente a través del músculo y normalmente se localizan anteriores al pedículo vascular intramuscular. Se aconseja preservar estas ramas nerviosas para evitar la denervación del músculo. A veces, cuando se utilizan una o más perforantes de una misma línea vertical se tiene que seccionar un nervio motor intermedio; en estos casos se puede reanastomosar antes del cierre.

Normalmente, los vasos epigástricos inferiores profundos se disecan hasta alcanzar el borde lateral del músculo recto abdominal. A este nivel se obtiene bastante fácilmente la exposición de los vasos realizando una pequeña incisión en la línea semilunar inferior. Tras una adecuada disección del pedículo, se puede elevar el lado contralateral del colgajo. La zona IV normalmente se descarta porque no se necesita o porque puede presentar congestión venosa como en un colgajo libre tipo TRAM. Si se necesita todo el colgajo para la reconstrucción y la zona IV se encuentra congestiva, se debería realizar una anastomosis de rescate con la vena epigástrica inferior superficial contralateral para facilitar el drenaje venoso de la zona IV. Tras la transferencia del colgajo a la zona receptora, se repara la vaina anterior del recto con una sutura de hilo

trenzado no reabsorbible. Como no se ha resecado fascia no hay tensión y no se necesita una malla. El colgajo adipocutáneo epigástrico se diseca hasta la apófisis xifoides, se exterioriza el ombligo en su nueva ubicación, se colocan drenajes aspirativos y se sutura el abdomen por planos.

## **J) MODIFICACIONES DEL COLGAJO**

Se puede diseñar el colgajo cutáneo abdominal inferior como un colgajo Siamés disecando un pedículo vascular en cada lado. Como los dos lados son independientes, cualquier combinación de pedículo es posible. De esta manera se puede obtener una vascularización excelente de todo el colgajo en personas con una cicatriz en la línea media. Este colgajo siamés también se puede convertir en dos colgajos separados dividiéndolo en dos mitades. Este método es de elección en la reconstrucción simultánea bilateral mamaria<sup>26</sup>. Por último, otra aplicación del colgajo con doble pedículo sería la de extender el territorio viable del colgajo DIEP: se puede transferir un colgajo aún más grande cuando también se conservan y anastomosan los vasos ilíacos circunflejos superficiales.

Koshima describió la utilización de colgajos de perforantes paraumbilicales finos. Demostró que es realmente posible obtener una versión fina del colgajo DIEP resecando la mayor parte del panículo adiposo. Se dejan sólo 5 mm de tejido adiposo bajo la piel para proteger el plexo subdérmico. Sin embargo es crucial preservar un manguito de tejido de unos 3 cm alrededor de la perforante en el proceso de adelgazamiento del colgajo para no arriesgar. Si el cirujano no tiene suficiente experiencia se recomienda el adelgazamiento y remodelación del colgajo en un segundo tiempo.

Por último, es posible diseñar un colgajo DIEP que contenga un fragmento de hueso vascularizado. Se puede obtener este colgajo compuesto disecando la parte superior del hueso púbico que se nutre por ramas púbicas de los vasos epigástricos inferiores profundos. Este tipo de colgajo se ha empleado en reconstrucción maxilofacial con una fina paleta cutánea.

### **1.3. Entrenamiento Quirúrgico y curva de aprendizaje**

Al igual que muchos procedimientos quirúrgicos complejos, la disección de colgajos microquirúrgicos se basa en una serie de técnicas y habilidades que se pueden adquirir y mejorar con la repetición. No obstante, la disección microquirúrgica y la posterior anastomosis requieren de unas habilidades quirúrgicas que no siempre son fáciles de adquirir. V. Busic et al. ya demostraron en un estudio publicado en 2004 la existencia de una curva de aprendizaje a la hora de realizar la reconstrucción mamaria mediante el colgajo DIEP<sup>27</sup>. En este estudio detallaban su experiencia con este colgajo y cómo iban disminuyendo las tasas de complicaciones según iban adquiriendo mayor habilidad. De acuerdo a sus resultados las tasas de pérdida total del colgajo disminuían del 9,5 al 0%, la pérdida parcial del colgajo del 31% al 0% y la necrosis grasa del 17 al 4,3%. En otro estudio publicado por F. Bodin et al también hacían hincapié en la disminución de las tasas de complicaciones y de tiempo de cirugía según adquirían más experiencia con este tipo de colgajos<sup>28</sup>: el tiempo quirúrgico total disminuía de 415 minutos a 233, los días de ingreso pasaban de 7,14 a 6,32 y la tasa de revisión de colgajos iba del 50 al 6%.

Todo ello hace imprescindible hallar un modelo experimental en el que desarrollar dichas habilidades quirúrgicas para acelerar el aprendizaje y disminuir las complicaciones asociadas al inicio en la microcirugía.

### **1.4. Modelo Porcino**

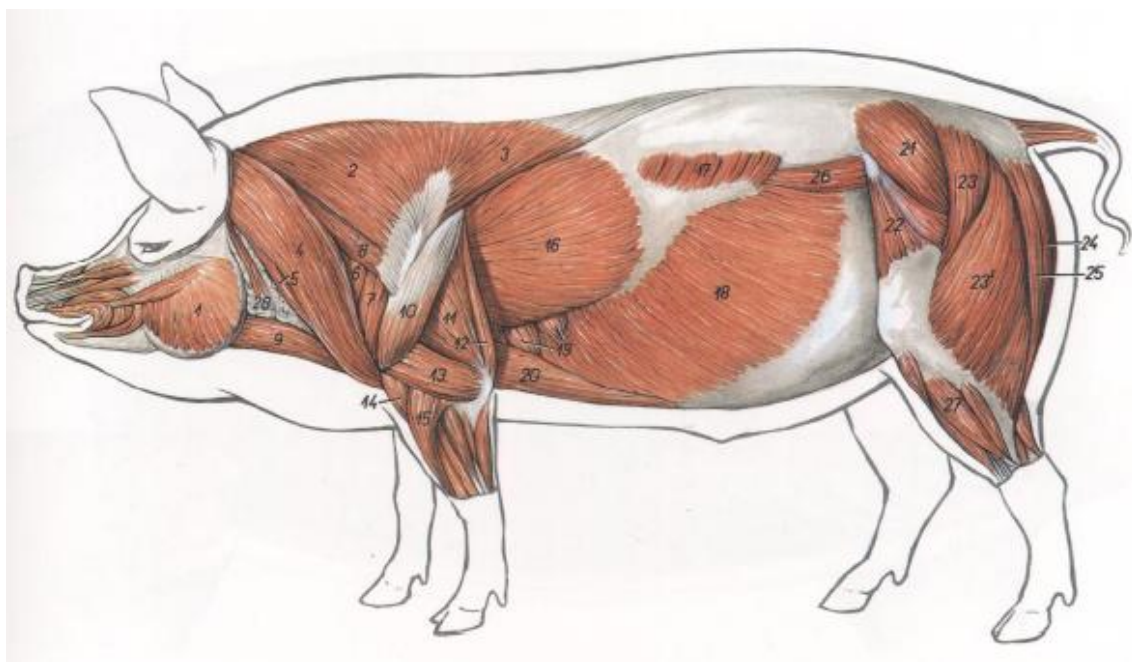
Para realizar la investigación sobre la anatomía y fisiología de estos colgajos y el desarrollo de la habilidad quirúrgica necesaria para llevarlos a cabo con éxito en humanos se han utilizado diferentes modelos animales a lo largo de los años, la mayoría de las veces ratas, conejos y perros<sup>29-32</sup>. No obstante, la estructura cutánea y los territorios vasculares de estos animales difieren bastante con respecto a la anatomía humana dado que presentan un panículo carnoso muy desarrollado. Anatómicamente y fisiológicamente, la piel del cerdo se parece más a la humana, con un panículo carnoso más rudimentario. Por este motivo el cerdo se considera el mejor modelo animal para realizar estudios de colgajos empleados en humanos<sup>33,34</sup>.

## A) ANATOMÍA DE LA PARED TORÁCICA Y ABDOMINAL DEL CERDO

### ➤ Sistema muscular

La pared abdominal del cerdo presenta, de superficie a profundidad, las siguientes capas: piel, fascia superficial, músculo cutáneo del tronco (inexistente en el humano), fascia profunda, músculo oblicuo externo del abdomen, músculo oblicuo interno del abdomen, músculo recto del abdomen, músculo transverso del abdomen, fascia transversa y peritoneo (Figura 1 y 3A).

La epidermis y dermis porcina son relativamente finas. El músculo oblicuo externo del abdomen (*obliquus externus abdominis*) tiene una porción carnosa extensa y una aponeurosis muy estrecha; ésta no proporciona la lámina femoral, pero está reflejada *in toto* para formar el ligamento inguinal. El músculo oblicuo interno del abdomen (*obliquus internus abdominis*) recuerda el de los bóvidos. El músculo recto del abdomen (*rectus abdominis*) es muy extenso y grueso y tiene diez inserciones; se separa del congénere del lado opuesto mediante una unión fibrosa denominada línea blanca o línea alba que constituye la sutura o línea de cierre ventral medio y representa la zona común de abordaje a la cavidad abdominal. La parte carnosa del músculo transverso del abdomen (*transversus abdominis*) está muy desarrollada; se confunde cranealmente con el músculo transverso torácico. La túnica abdominal está muy poco desarrollada.



**Figura 1. Musculatura superficial del cerdo.**

18: Músculo oblicuo externo.

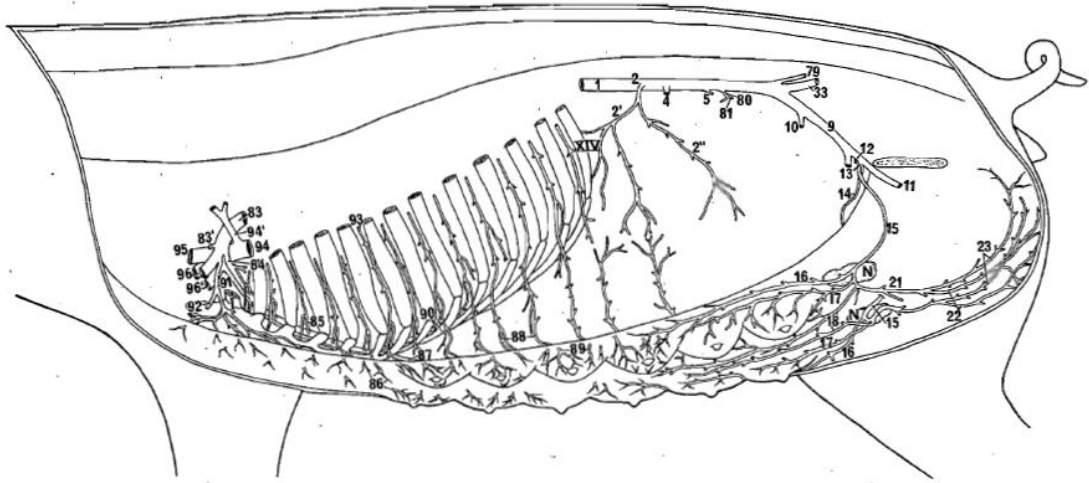
(Tomada del atlas de anatomía topográfica de los animales domésticos de P. Popesko<sup>44</sup>)

### ➤ Sistema vascular

La arteria torácica interna nace medial a la primera costilla, a partir de la cara ventral de la arteria subclavia y cursa caudalmente bajo en músculo transverso torácico. Proporciona las ramas intercostales ventrales de los primeros siete espacios intercostales y se anastomosa con las correspondientes arterias intercostales dorsales (excepto la primera arteria intercostal dorsal, que no es muy típica y sí muy pequeña; la segunda arteria intercostal dorsal no se extiende por debajo de la mitad del espacio intercostal correspondiente y, por tanto, no se anastomosa con la rama intercostal ventral respectiva). Medialmente proporciona las ramas perforantes, que a su vez irrigan el músculo transverso torácico, los nódulos linfáticos esternales y el esternón. Caudal a las ramas perforantes surgen unas arteriolas delicadas que, después de introducirse en los músculos pectorales, irrigan el complejo mamario y la piel (*rami mammarii*). Medial al arco costal y a nivel del sexto espacio intercostal, se divide en arteria epigástrica craneal o superior y arteria musculofrénica. La arteria musculofrénica es relativamente grande y proporciona las ramas intercostales ventrales del séptimo y octavo espacios intercostales. Además proporciona varias ramas a la parte costal del diafragma y al músculo transverso abdominal. La arteria epigástrica superior continúa hasta la región abdominal e irriga casi los dos tercios craneales del músculo recto abdominal. Proporciona las ramas intercostal ventral y costoabdominal ventral que después de ascender por los espacios intercostales respectivos, y caudal a la última costilla, se anastomosan con las arterias intercostal dorsal y costoabdominal, respectivamente. Durante su curso se bifurca en dos grupos a la altura de la inserción tendinosa del músculo recto abdominal: el medial y el lateral; cada uno de los cuales da 5-6 ramas. El grupo medial vasculariza los músculos recto abdominal, pectoral ascendente, oblicuo externo del abdomen, músculo cutáneo del tronco, glándulas mamarias y la piel existente alrededor de la región xifoidea. El grupo lateral irriga el músculo transverso abdominal y después de atravesar el músculo recto abdominal, se ramifica en el músculo cutáneo del tronco y la piel de la región abdominal craneal (Figuras 2-4). El diámetro aproximado de la arteria epigástrica superior (profunda) es de aproximadamente 1,5mm en su origen<sup>34</sup>.

La arteria torácica externa, rama de la arteria axilar, irriga fundamentalmente el pectoral y el músculo braquiocefálico. Proporciona una arteria torácica lateral que acompaña al nervio correspondiente sobre la pared torácica lateral. Durante su curso,

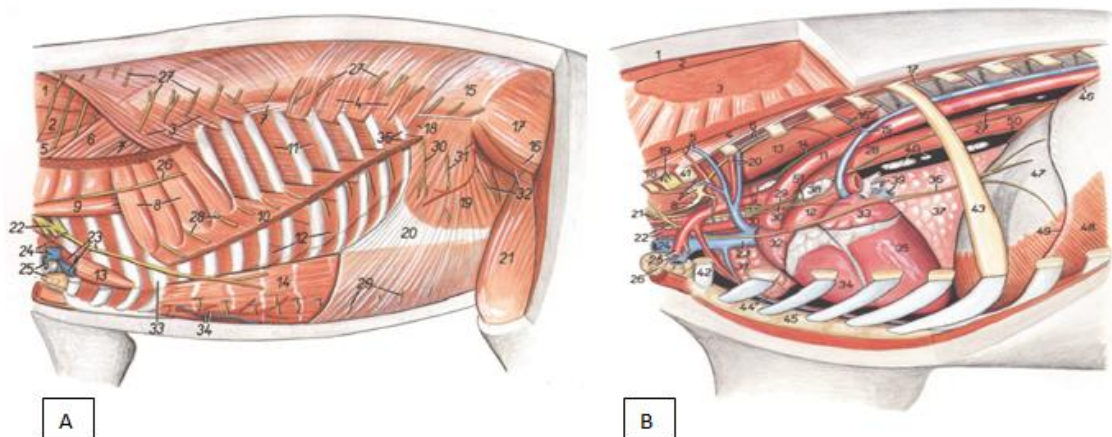
esta última arteria proporciona ramas mamarias a los dos primeros pares de complejos mamarios torácicos (Figura 2).



**Figura 2. Vascularización de la pared abdominal del cerdo.**

9: arteria iliaca externa; 14: arteria epigástrica caudal profunda; 84: arteria y vena torácicas internas; 85: ramas intercostales ventrales de 84; 87: arteria epigástrica craneal; 88: ramas laterales de 87; 89: ramas mediales de 87; 90: arteria musculofrénica; 91: arteria torácica externa.

(tomada del libro de anatomía de los animales domésticos de Sisson y Grossman<sup>33</sup>)



**Figura 3 A y B. Disección del tronco del cerdo.**

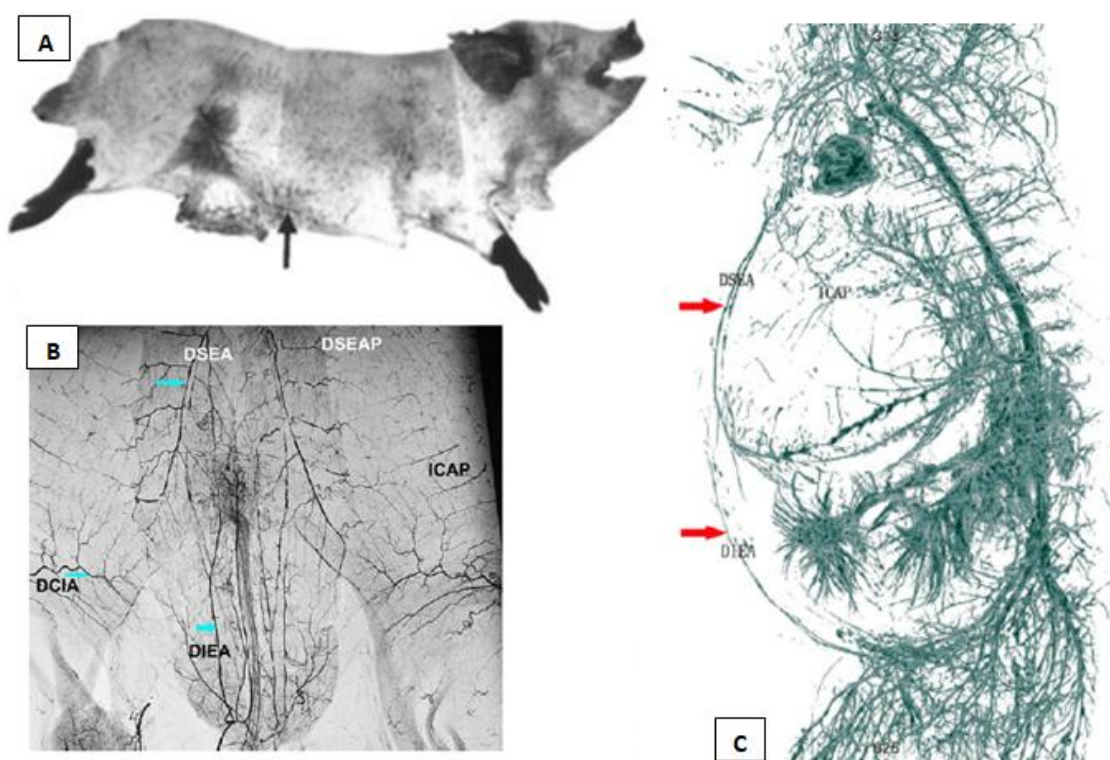
10: músculo oblicuo externo del abdomen; 14: músculo recto del abdomen; 20: aponeurosis del músculo oblicuo interno del abdomen; 34: arteria y vena epigástrica craneal; 44: arteria y vena torácicas internas.

(Tomada del atlas de anatomía topográfica de los animales domésticos de P. Popesko<sup>44</sup>)



La arteria iliaca externa surge de la aorta abdominal ventral a la última vértebra lumbar, ligeramente craneal al promontorio sacro. Cursa caudolateralmente, paralela a la cara medial del iliopsoas al origen del sartorio, donde se hace ventrocaudal y abandona la cavidad abdominal a través del anillo femoral. Después, pasa a lo largo de la cara profunda del sartorio y continúa como arteria femoral en el muslo.

Una de las ramas que da la arteria iliaca externa antes de salir por el anillo femoral es la arteria epigástrica caudal o inferior profunda que pasa a lo largo de la cara profunda del músculo recto abdominal. Después de irrigarlo se anastomosa con la arteria epigástrica craneal o superior a nivel de los dos tercios inferiores del músculo recto abdominal, con la arteria craneal abdominal, con la arteria iliaca circunfleja profunda y con ramas de la arteria pudenda externa (Figura 4). El diámetro aproximado de la arteria epigástrica caudal profunda en su origen es de 0,8-1 mm<sup>34</sup>.



**Figura 4. A y B:** arteriografía de vasos de la pared abdominal: A: arteria epigástrica inferior profunda (DIEP); B: anastomosis de las arterias epigástricas profundas superior e inferior.

**C:** reconstrucción en 3D.

(Imágenes tomadas del artículo publicado por J. Mei et al " a mini pig model for visualization of perforator flap by using angiography an MIMICS"<sup>34</sup>



La arteria pudenda externa es otra de las ramas de la arteria iliaca externa que desciende a través del canal inguinal para emerger por el anillo inguinal superficial. Emite como rama una arteria epigástrica superficial caudal, que cursa cranealmente a lo largo de la cara superficial del músculo recto abdominal y lo irriga en toda su extensión; finalmente se anastomosa con la arteria epigástrica superficial craneal. Proporciona ramas al cordón espermático, prepucio y escroto en el macho, en tanto que en la hembra irriga las cuatro mamas caudales y el perineo, donde se anastomosa con la arteria pudenda interna.

## **B) ANATOMÍA DE LA GLÁNDULA MAMARIA DEL CERDO**

La glándula mamaria de la cerda consta de un sistema mamario toracoinguinal con una mitad izquierda y otra derecha, cada una de las cuales está compuesta por siete complejos mamarios extendidos desde la región axilar hasta la inguinal. A su vez, cada complejo mamario está formado por dos o tres unidades glandulares.

El sistema mamario queda fijado a las paredes torácica y abdominal por láminas fibrosas mediales y laterales, derivadas de la fascia externa del tronco. Está formado por complejos mamarios semiesféricos del tamaño de un puño, de los que emergen pezones comparativamente cortos; a cada uno de esos pezones desembocan juntos, en una especie de bolsillo plano, dos o tres conductos papilares que corresponden a cada unidad glandular.

Los complejos mamarios de las mitades izquierda y derecha en general no coinciden en el plano transversal, de modo que presentan una ubicación algo asimétrica; esta disposición facilita el acceso a los pezones cuando la cerda, en decúbito lateral, amamanta a los lechones. El sistema mamario de la cerda presenta una forma irregular debido a que algunos complejos mamarios no usados por los lechones, son claramente más pequeños que los complejos lactantes.

En cuanto a la irrigación, en la mayoría de las cerdas los cuatro complejos mamarios localizados más cranealmente son irrigados por ramas mamarias de la arteria torácica lateral y torácica interna, los siguientes cinco complejos mamarios están irrigados por la arteria epigástrica craneal y los cuatro últimos complejos localizados caudalmente por ramas de la arteria epigástrica caudal.

## **2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS**

### **2.1. Hipótesis de trabajo**

Según lo anteriormente expuesto planteamos la siguiente hipótesis de trabajo: los colgajos porcinos basados en los vasos perforantes del pedículo epigástrico inferior profundo (DIEP) son un modelo viable para el entrenamiento de los colgajos homónimos en humanos.

### **2.2. Objetivo Principal**

- Evaluar si el cerdo puede ser un buen modelo experimental para realizar programas de formación y entrenamiento en la disección y anastomosis de colgajos libres basados en la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP) para reconstrucción mamaria y en caso de ser preciso describir las modificaciones necesarias para obtener un nuevo modelo cuya disección y anastomosis sea equiparable al DIEP.

### **2.3. Objetivos secundarios**

- Hacer una revisión de las distintas técnicas quirúrgicas existentes para la reconstrucción mamaria, profundizando de manera especial en la reconstrucción mediante el colgajo abdominal basado en la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP).
- Revisar la anatomía de la pared toracoabdominal en el humano y el cerdo.
- Describir las similitudes y diferencias entre la anatomía humana y la porcina.
- Defender el uso del cerdo como modelo animal de experimentación equiparable al humano a la hora de realizar estudios de colgajos.
- Incidir en la importancia del desarrollo de programas formativos y de entrenamiento para la adquisición de habilidades microquirúrgicas en la disección y anastomosis de colgajos en modelos experimentales.

### 3. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1. ANIMALES

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación Biomédica de Aragón (CIBA) bajo la tutela de la responsable de la unidad de cirugía experimental, la Dra. Cristina Pastor Oliver.



CIBA (Centro de Investigación Biomédica de Aragón)

Se trata de un estudio original observacional, descriptivo, de tipo serie de casos.

Para este estudio experimental se utilizaron un total de 9 cerdos hembra de la especie *Sus scrofa domesticus* ssp blancos, todas ellas de características similares y sanas. El coste de cada cerdo oscila entre los 45-70 euros dependiendo del peso del mismo con un coste añadido de 150 euros de transporte. Todos ellos fueron comprados al mismo ganadero. Sus pesos oscilaron entre los 30,8 y los 48,5 Kg. Fueron estabulados individualmente en una habitación con control de temperatura (22º) y luz. Todos los cerdos fueron alimentados con el mismo pienso e hidratados con agua corriente hasta 8 horas antes de la intervención.

Los animales estaban incluidos en una práctica docente para el desarrollo de un programa formativo de disección de colgajos microquirúrgicos en un modelo porcino (Ref. PD05/16), que recibió la completa aprobación por parte de la comisión ética asesora para la experimentación animal (CEAEA) de la universidad de Zaragoza. En este curso se llevó a cabo un entrenamiento en la disección de colgajos de arterias perforantes basados en las arterias torácicas y lumbares del cerdo y se aprovecharon esos mismos animales para llevar a cabo este estudio, que fue aprobado como parte de la práctica docente. De esta manera se pudo hacer un uso más ético de los animales sin tener que sacrificar más cerdos. Esto fue posible debido a que las intervenciones previas se realizaron en localizaciones alejadas de la zona de estudio (las zonas lumbar y torácica) sin alterar la anatomía y vascularización toracoabdominal de los especímenes.

Durante el diseño se siguieron los principios de las 3R (Reducción, Refinamiento y Reemplazo) para lograr un uso lo más ético posible de los animales y todos los animales utilizados en el laboratorio experimental fueron manejados de acuerdo al reglamento (CE) Nº1/2005 del consejo del 22 de diciembre de 2004 relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas; el Real Decreto 751/2006, de 16 de junio, sobre autorización y registro de transportistas y medios de transporte de animales; el Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia; y por último, la ley 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio.

Para la intervención se siguió el protocolo anestésico aprobado en el Centro de Investigación Biomédica de Aragón que consiste en una preanestesia con Zoletil® y Dexmedetomidina intramuscular (5 + 0,005 mg/Kg vía intramuscular). Tras la administración de la preanestesia se espera a la claudicación del animal para su traslado a quirófano. Una vez en la sala, se sitúa en la mesa quirúrgica, se atan sus cuatro patas y se accede a la vena marginal de la oreja mediante un catéter introcan safety® 20G. Se verifica la existencia o no de reflejo deglutorio. En caso de no existir se procede a la intubación del animal y su conexión al circuito anestésico para el mantenimiento. Si se observa reflejo deglutorio se administra propofol por vía intravenosa máximo 6 mg/kg hasta la desaparición del mismo. Una vez conectado el animal se procede a la conexión del capnógrafo, pulsioxímetro, ECG y PANI. El mantenimiento de la anestesia se realiza con sevoflurano etilo al 1,9%, la analgesia intraoperatoria con fentanilo intravenoso en infusión continua a 10 µg/Kg/h y la fluidoterapia de mantenimiento con Ringer-Lactato a razón de 8 ml/Kg/h. Se estableció un criterio de punto final intraoperatorio en caso de accidente quirúrgico grave con un sangrado de difícil control e hipotensión. La eutanasia a término se realizó con el animal perfectamente anestesiado y en un plano de anestesia profundo y la realizó el anestesiólogo encargado de la supervisión del animal mediante la inyección de cloruro potásico intravenoso a una dosis de > 1 mEq/Kg. La duración de la intervención osciló entre las 4:15 horas y las 5:30 horas.

### **3.2. EQUIPAMIENTO**

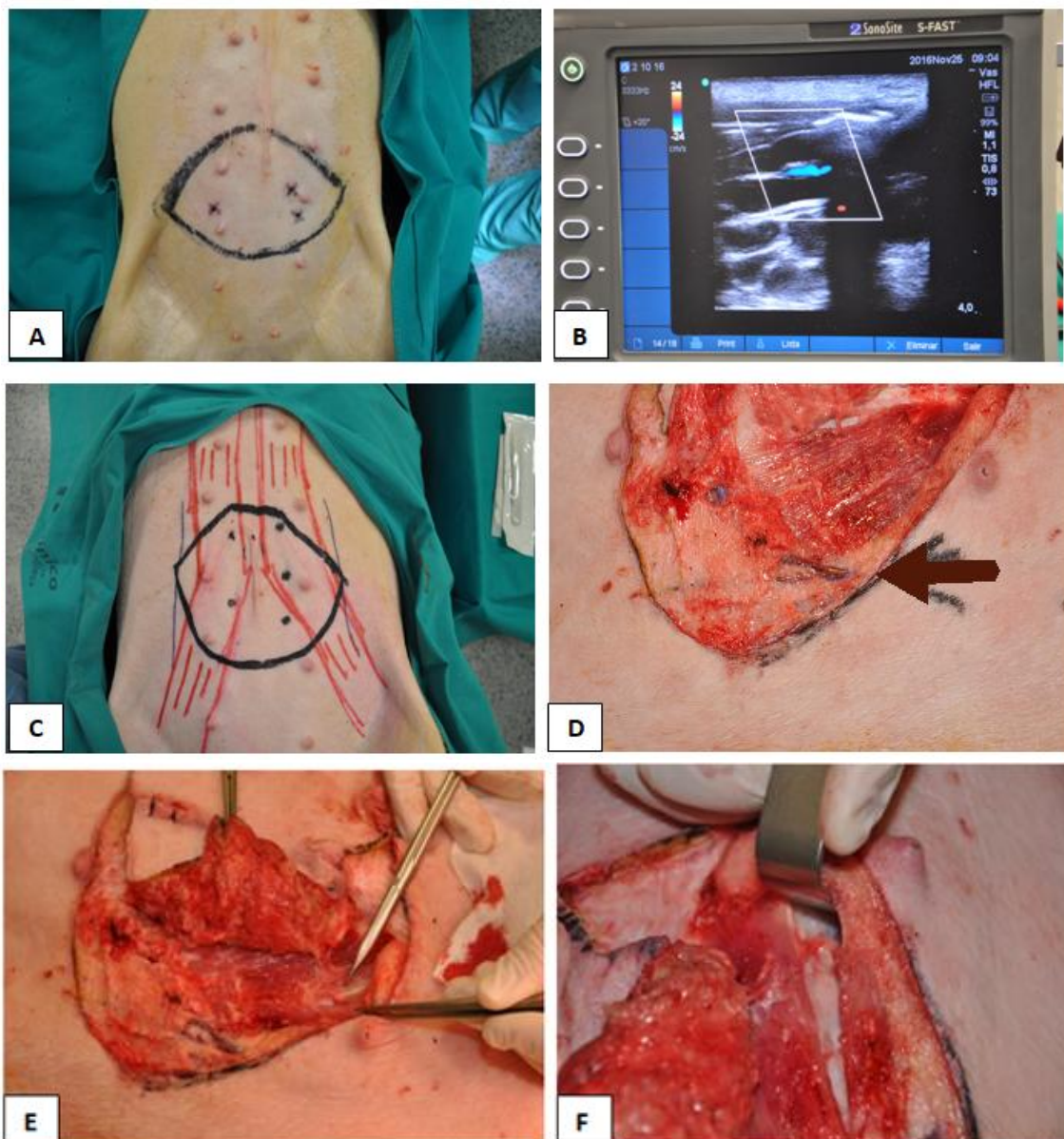
Tanto la disección como la anastomosis microquirúrgica de los colgajos y los vasos se realizaron con gafas lupas de 2,8, 3 y 3,5 aumentos según el cirujano y el momento de la cirugía con una distancia de trabajo de entre 35-45 cm. Todo el procedimiento fue grabado por una cámara Sony Full HD incorporada a una de las lámparas de quirófano que además de grabar permite ver el campo de trabajo en una pantalla de alta definición colocada en la pared para facilitar la visualización del procedimiento a todo el equipo quirúrgico y la labor docente. Para la localización de los vasos perforantes se empleó un Ecógrafo Logic 5 de general Electric con sonda Convex y un ECO-Doppler MD2 bidireccional.

### **3.3. PROCEDIMIENTO**

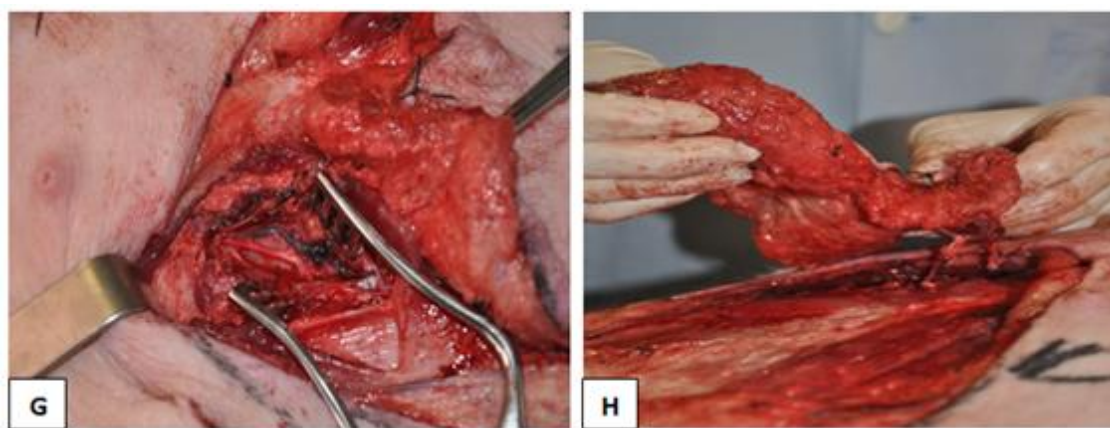
El estudio se dividió en cuatro partes: (1) primero se realizó en cada cerdo la disección convencional del colgajo DIEP basado en las perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda; (2) en un segundo tiempo se llevó a cabo la disección de la arteria epigástrica superior profunda en dirección cefálica para evaluarla y valorar el calibre de sus perforantes; (3) en un tercer tiempo se disecó de manera individual un complejo mamario supraumbilical con su pedículo perforante tributario de la arteria epigástrica superior profunda; y (4) por último, cuatro de estos nuevos colgajos basados en perforantes de la arteria epigástrica superior profunda y que incluían un solo complejo mamario fueron transferidos de forma libre y anastomosados microquirúrgicamente a los vasos femorales superficiales de dichos animales para comprobar su viabilidad.

Para la disección del colgajo DIEP nos basamos en los conocimientos obtenidos de la práctica clínica en humanos y diversos artículos publicados sobre la realización de colgajos abdominales en cerdos<sup>35-38</sup>. El cerdo se colocó en posición de decúbito supino. Primero se localizaron y marcaron las perforantes de mayor tamaño del hemiabdomen inferior mediante eco-doppler y posteriormente se dibujó una isla cutánea similar a las realizadas en una abdominoplastia convencional (Figura 5a y 5b). La incisión en la piel se realizó con un bisturí frío del Nº 23 hasta la parte anterior de la pared abdominal. Posteriormente el colgajo dermograso se fue disecando de la fascia anterior del músculo recto del abdomen de manera roma con unas tijeras Stevens en

busca de las perforantes dominantes localizadas con el ecógrafo (Figura 5e). Los pequeños puntos sangrantes se fueron coagulando con un bisturí eléctrico monopolar. Una vez hallado, el pedículo vascular fue disecado, también de forma roma, a través del músculo o del septo (según el recorrido de la perforante) hasta su origen en la arteria epigástrica inferior profunda (DIEA) (Figura 5f y 5g). Las perforantes de menor calibre y aquellas pertenecientes a otros perforasomas fueron ligadas mediante ligaduras con Seda de 3/0. Una vez disecada por completo la perforante hasta su origen, se terminó de liberar el colgajo dermograso con el bisturí eléctrico obteniendo un colgajo de perforante pediculado (Figura 5h). La viabilidad se comprobó realizando lascas en la superficie cutánea del colgajo observando la presencia de sangrado por estas incisiones, inmediatamente tras la disección.

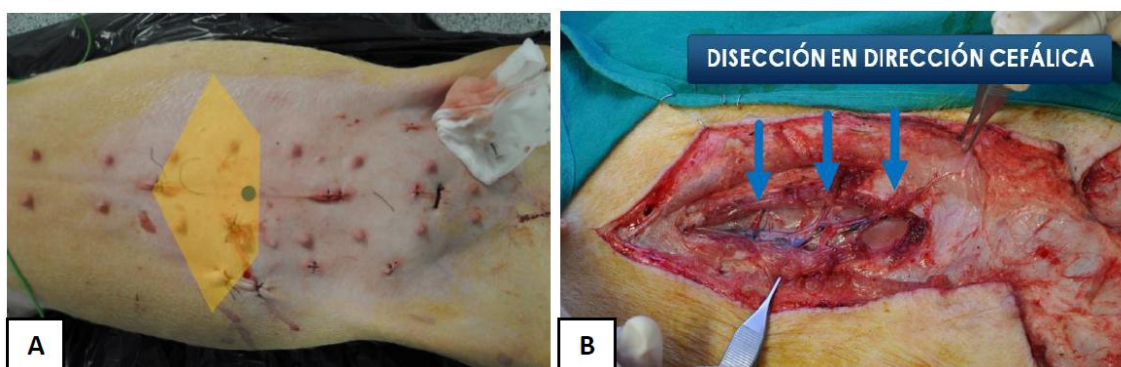






**Figura 5. Diseño tradicional del colgajo DIEP.** A: marcaje de las perforantes dominantes y diseño convencional del DIEP según patrón de abdominoplastia convencional. B: visualización de los vasos perforantes (arteria y vena) del pedículo vascular epigástrico inferior profundo mediante doppler color. C: marcaje del músculo cutáneo del tronco y sistema venoso superficial. D: sistema venoso superficial muy desarrollado. E y F: localización y disección del pedículo perforante hasta alcanzar su origen en los vasos epigástricos inferiores profundos. G: pedículo vascular (arteria y vena) epigástrico inferior profundo. H: Disección completa de colgajo pediculado DIEP y comprobación de su viabilidad.

La disección de la arteria epigástrica superior profunda (DSEA) se realizó de la misma manera que para la arteria epigástrica inferior profunda, salvo que en este caso se siguió una dirección cefálica y se fueron disecando todas las ramas perforantes que surgían, comprobando calibre de éstas (Figura 6a y 6b).



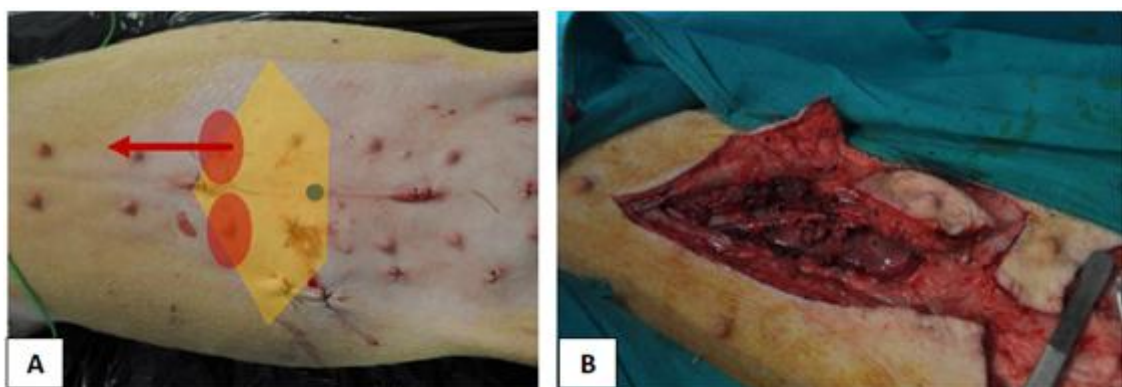
**Figura 6. Disección en dirección cefálica de la arteria epigástrica superior profunda (DSEA)** A: localización más frecuente de perforantes de la DSEA en la zona supraumbilical (el punto verde marca el ombligo y la zona amarilla la pala cutánea que se disecaría en un DIEP invertido con patrón de abdominoplastia inversa). B: visualización de perforantes del pedículo vascular epigástrico superior profundo hacia cada complejo mamario; se aprecia el buen calibre de estos vasos.

Para la tercera etapa del estudio se siguió una de las ramas perforantes de la DSEA disecadas en la fase anterior y se diseñó un colgajo basado en un único complejo mamario situado supraumbilicalmente (Figura 7a y 7b). Este modelo de colgajo se denominó colgajo DSEP (colgajo de perforante de arteria epigástrica superior

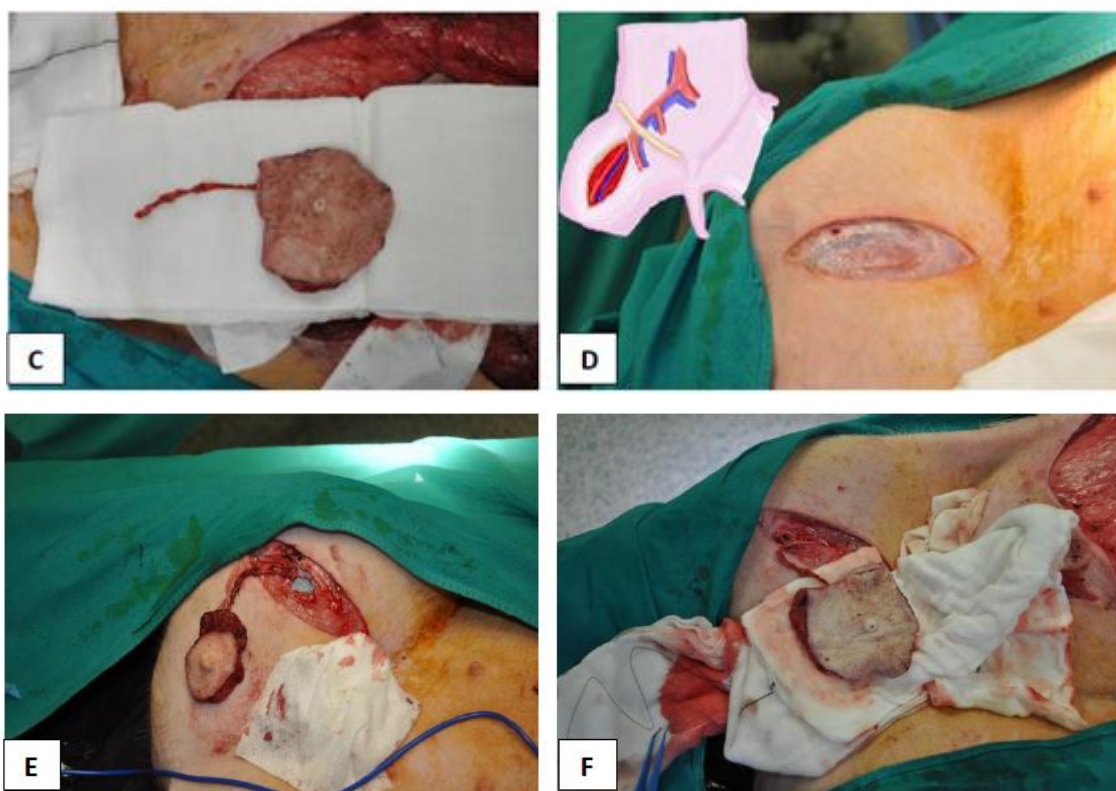
profunda) o colgajo DIEP invertido para hacer referencia de que se trata del equivalente al colgajo DIEP pero con una disección en dirección craneal; en ocasiones también se denominó hemi-DSEP si tenemos en cuenta que solo se disecciona un complejo mamario unilateral. En este caso también se comprobó la salida de dicha perforante en el complejo mamario seleccionado mediante ecografía-doppler. La isla cutánea se dibujó con forma elíptica para facilitar el cierre de la zona donante. De la misma manera que al realizar el colgajo DIEP tradicional, se disecó la perforante hasta el origen en el pedículo epigástrico superior profundo y se ligaron todas aquellas perforantes de menor calibre y las pertenecientes a otros perforasomas (Figura 7b). Posteriormente se comprobó la viabilidad del colgajo pediculado realizando lascas en la piel del colgajo con el bisturí frío y comprobando la presencia de sangrado inmediatamente tras la disección.

En la cuarta y última fase, en cuatro de los cerdos se localizaron y disecaron los vasos femorales superficiales sin variar la posición del animal (Figura 7d). Posteriormente se seccionó el pedículo perforante del colgajo basado en el complejo mamario (Figura 7c) y se realizó una anastomosis término-terminal a los vasos femorales superficiales utilizando un monofilamento no reabsorbible 11/0 y aguja redonda (figuras 7e y 7f). Durante la anastomosis los cabos fueron irrigados frecuentemente con heparina diluida en suero fisiológico mediante un catéter de 24G. La viabilidad de los colgajos se comprobó igual que en los casos anteriores.

En ninguna de las disecciones se preservaron las estructuras nerviosas.







**Figura 7. Diseño de colgajo de arteria perforante de la arteria epigástrica superior profunda (DSEA) basado en un único complejo mamario (colgajo DSEP basado en un complejo mamario).** A: diseño del colgajo de arteria perforante sobre un complejo mamario (se marcan las múltiples opciones de este tipo de colgajo: uno por cada complejo mamario irrigado por la DSEA). B: localización y disección de la perforante encargada de la irrigación del complejo mamario seleccionado hasta su origen en el pedículo vascular epigástrico superior profundo (DSEP). Comprobación de viabilidad del colgajo pediculado. Ligadura de perforantes de menor calibre y pertenecientes a otros perforasomas. C: sección del pedículo perforante del colgajo. D: localización y disección de vasos (arteria y vena) femorales superficiales. E y F: anastomosis microquirúrgica de vena y arteria epigástricas superiores profundas a vasos femorales superficiales observando la viabilidad de los colgajos tras la sutura.

Las disecciones fueron realizadas por diez médicos adjuntos de distintas especialidades pertenecientes al Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza y el Hospital Universitario Clínico Lozano Blesa de Zaragoza con formación en cirugía microquirúrgica. Estos cirujanos fueron los mismos que habían sido aceptados para realizar la práctica docente sobre colgajos de perforantes. Las especialidades incluidas fueron: Cirugía Plástica, Estética y Reparadora (5), Cirugía General y del Aparato Digestivo (2), Cirugía Maxilofacial (2) y Cirugía Torácica (1). Los profesionales fueron divididos en 5 grupos de 2 personas cada uno, incluyendo en todos los grupos al menos un especialista en Cirugía Plástica con conocimientos en microcirugía y cirugía reconstructiva de la mama, y las disecciones se llevaron a cabo en tres tardes consecutivas: por la mañana se llevaba a cabo el entrenamiento de disección de

colgajos torácicos y lumbares y por la tarde, sin despertar al animal de la anestesia, se procedía al estudio del modelo porcino del colgajo de arterias perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP). Tan solo había que modificar la posición del animal de decúbito lateral a decúbito supino. Cada disección fue supervisada por el director del estudio, el doctor Yuste Benavente, para intentar homogeneizar los procesos.

Durante el estudio se fueron tomando fotografías de cada etapa del proceso y se analizaron: el número de perforantes encontradas en cada colgajo (para el modelo de DIEP tradicional, la disección en dirección cefálica de la DSEA y los colgajos de arteria perforante de la DSEA basados en un solo complejo mamario); la viabilidad de los colgajos pediculados obtenidos inmediatamente tras la disección y tras una hora mediante la observación de sangrado a través de cortes realizados en la piel del colgajo; la adecuación entre los calibres de los vasos perforantes de la DSEA y los vasos receptores femorales superficiales en el caso de los colgajos libres; y la viabilidad de las cuatro transferencias microquirúrgicas realizadas. También se fueron anotando las diferencias anatómicas encontradas entre la anatomía porcina y la humana y las posibles modificaciones.

#### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se encuentran resumidos en la Tabla 1 del apartado de Anexos.

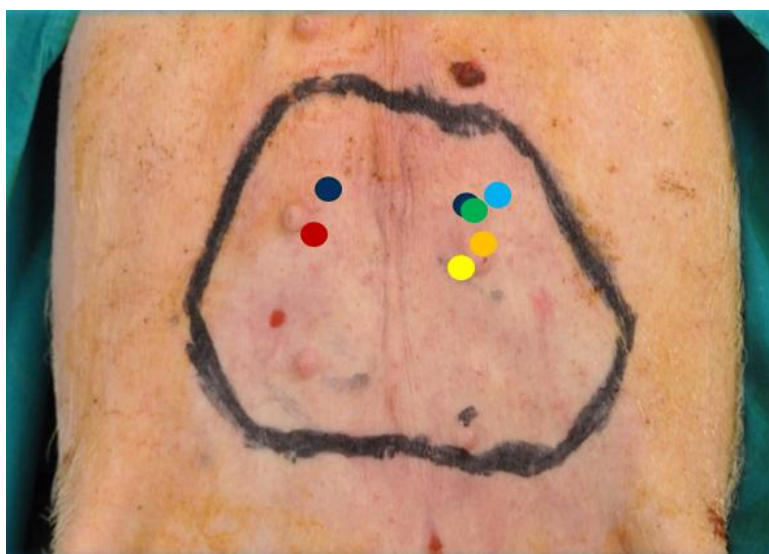
En los 9 cerdos se llevaron a cabo un total de 18 colgajos, 9 siguiendo el modelo de DIEP tradicional y 9 basados en la arteria perforante de la arteria epigástrica superior profunda sobre un complejo mamario. De estos 9 últimos, 4 se transfirieron de forma libre y el resto se dejaron como colgajos pediculados.

De los 9 colgajos basados en el modelo tradicional del DIEP, solo 6 cerdos presentaron perforantes; en uno se hallaron 2 y en los otros solo 1 (la distribución de las perforantes se muestra en la figura 8). De los 6 cerdos que presentaron perforantes solo 5 fueron viables (figura 5h); ninguno de los colgajos que no presentó perforantes fue viable.

Durante la disección en dirección cefálica de la arteria epigástrica superior profunda (DSEA) se observó la salida de ramas perforantes de buen calibre para cada complejo mamario (figura 6b).

En cuanto a los 9 colgajos basados en el diseño alternativo sobre las arterias perforantes de la DSEA, en todos ellos se hallaron perforantes de buen calibre (figura 7b) que se encontraron próximas al pezón de cada complejo mamario. Todos los colgajos fueron viables.

Los 4 colgajos DSEP de un complejo mamario transferidos de forma libre y anastomosados a los vasos femorales superficiales fueron viables (figura 7e y 7f).



**Figura 8. Representación gráfica de las perforantes halladas en el modelo tradicional DIEP.**

Amarillo: cerdo nº1  
Azul oscuro: cerdo nº3  
Naranja: cerdo nº 4  
Rojo: cerdo nº 7  
Azul claro: cerdo nº8  
Verde: cerdo nº9

(Los puntos rojo y negro que no están dibujados con el editor de imagen no se corresponden con perforantes)

Además, durante la disección del colgajo DIEP tradicional y el modelo alternativo basado las perforantes de la DSEA se constataron varias características anatómicas relevantes: (1) la capa de tejido graso hipodérmico era muy delgada, sin apreciar acúmulo graso en la parte inferior del abdomen; (2) existía una capa muscular adicional entre la piel y el músculo recto abdominal que llevó a equívocos en las primeras disecciones al confundirlo con el músculo recto abdominal; este músculo seguía una dirección oblicua en su parte más caudal (figura 5c); (3) al comenzar la disección lateral del colgajo DIEP tradicional nos encontramos, en todos los casos, con un sistema venoso superficial muy desarrollado que formaba dos voluminosos árboles venosos a lo largo de la pared abdominal del cerdo, aproximadamente 1- 2 cm lateral a los pezones, con múltiples ramificaciones (figura 5d); (4) las principales arterias perforantes en el diseño del DIEP tradicional se encontraron en la región periumbilical (figura 8) pero su calibre era muy reducido (figura 5e); (5) en uno de los cerdos en el que se diseñó el colgajo DIEP, al realizar la disección intramuscular de la perforante se observó que no tenía conexión con el pedículo epigástrico inferior profundo y que el calibre iba disminuyendo según se profundizaba en la disección; el colgajo resultante no fue viable; (6) en otro de los colgajos del modelo DIEP tradicional, al disecar la perforante se observó que seguía una dirección craneal y que se originaba en la arteria epigástrica superior profunda por lo que hubo que rediseñarlo como colgajo DSEP; (7) en otro de los colgajos DIEP, la perforante hallada seguía un recorrido sobre la fascia anterior del músculo recto abdominal sin perforar en ningún momento dicho músculo por lo que creemos que se trataba de una rama de la arteria epigástrica inferior superficial (SIEA); (8) en el modelo alternativo del colgajo DSEP se pudo apreciar que de la arteria epigástrica superior profunda (DSEA) se originaban arterias perforantes hacia cada complejo mamario según se iba realizando la disección craneal de la DSEA y que el diámetro tanto de la propia arteria epigástrica superior profunda como de sus ramas perforantes era mucho mayor que las del pedículo inferior así como la longitud de los vasos (figura 6b); (9) la presencia de estas perforantes de la DSEA para cada complejo mamario permitía diseñar tantos colgajos hemi-DSEP como complejos mamarios irrigados por perforantes de la DSEA tenía la cerda; (10) al realizar la anastomosis microquirúrgica entre la perforante de la arteria epigástrica superior profunda y los vasos femorales superficiales se observó que el calibre de ambos pedículos era similar y por lo tanto adecuado para la transferencia libre del colgajo; (11) todas las anastomosis fueron funcionales hasta el sacrificio del animal sin observar

sangrados ni formación de coágulos; (12) la coagulación del cerdo se producía muy rápidamente.

## 5. DISCUSIÓN

La reconstrucción mamaria es una parte muy importante del tratamiento multidisciplinario del cáncer de mama. En los últimos años se han desarrollado técnicas muy sofisticadas basadas en la microcirugía y los colgajos de perforantes para optimizar la apariencia de la mama reconstruida, limitar las comorbilidades de la zona donante y prolongar los resultados en el tiempo. El uso de tejido autólogo permite obtener una textura y apariencia similar a la mama contralateral sin los inconvenientes de los implantes mamarios. Se han descrito diversas localizaciones donadoras de tejido pero de todos los colgajos estudiados el que ha demostrado una mayor adecuación en cuanto a color, volumen y textura y menor morbilidad es el colgajo dermograso basado en perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP). No obstante, la disección microquirúrgica y la posterior anastomosis requieren de unas habilidades quirúrgicas que no siempre son fáciles de adquirir como ya advirtieron V. Busic<sup>27</sup> y F. Bodin<sup>28</sup> en sus respectivos trabajos. Además, todavía quedan ciertos aspectos en cuanto a la vascularización distal de los colgajos y su fisiología que merecen un estudio más exhaustivo para garantizar el éxito de la reconstrucción en humanos y disminuir las tasas de necrosis tanto total como parcial. Todo ello hace imprescindible hallar un modelo experimental en el que estudiar la anatomía y fisiología de estos colgajos y desarrollar las habilidades quirúrgicas necesarias para así acelerar el aprendizaje y disminuir las complicaciones asociadas al inicio en la microcirugía.

En las pasadas décadas, la mayoría de las investigaciones realizadas utilizaban como modelo animal ratas, conejos y perros<sup>29-32</sup>. No obstante, la estructura cutánea y los territorios vasculares de estos animales diferían bastante con respecto a la anatomía humana dado que presentaban un panículo carnoso muy desarrollado por lo que se fueron dejando en un segundo plano.

En los últimos años, varios estudios han demostrado la idoneidad del modelo porcino a la hora de realizar colgajos tanto pediculados como libres<sup>37-39</sup>. Anatómicamente y fisiológicamente, la piel del cerdo se parece más a la humana, con un panículo carnoso más rudimentario en comparación con los anteriores modelos. Por este motivo el cerdo se considera el mejor modelo animal para realizar estudios de colgajos empleados en humanos<sup>33,34</sup>. No obstante, la descripción de la anatomía y fisiología de este animal sigue sin conocerse de forma detallada.

En 2010, J. Mei et al<sup>34</sup> ampliaron la información sobre la vascularización porcina y las diferencias anatómicas con respecto a la anatomía humana mediante el estudio angiográfico y posterior reconstrucción en 3D de 5 cerdos enanos. En 2012, X. Minqiang et al<sup>36</sup> publicaron un artículo en el que se llevaba a cabo una comparación exhaustiva entre la anatomía porcina y la humana mediante el estudio de 16 cerdos a los que se les realizó una tomografía computerizada con angiografía y posterior disección abdominal. Más recientemente, en 2015, F. Bodin<sup>40</sup> publicó otro artículo en relación a la anatomía comparativa del abdomen del cerdo y del humano que serviría para ampliar y confirmar la información facilitada por Minqiang.

La mayoría de estudios en los que se emplea el cerdo como modelo de entrenamiento de alguna técnica quirúrgica se encuentran dentro de las áreas de la cirugía cardiotorácica y la cirugía digestiva. Muy pocos estudios hacen referencia a la utilización del modelo porcino en cirugía plástica y reconstructiva<sup>41</sup>. Basándose en una serie de estudios anatómicos, Haughey y Panje<sup>38</sup> describieron, en 1989, cinco modelos de colgajos musculocutáneos en cerdos; posteriormente, en 1991, Dorion<sup>42</sup> dio a conocer un modelo porcino de TRAM que serviría para conocer la utilidad del retardo de los colgajos preoperatoriamente; y en 2012, Y. Carole<sup>39</sup> publicaría un estudio sobre un modelo porcino microvascular para la optimización del trasplante del colgajo miocutáneo gracilis en la reconstrucción de miembros. Uno de los artículos recientemente publicados sobre esta materia es el desarrollado por F. Bodin<sup>40</sup> et al en 2015, sobre entrenamiento de colgajos libres en modelo porcino. A pesar de estas publicaciones consideramos necesarios nuevos estudios y proyectos que avalen el cerdo como animal de experimentación ideal a la hora de adquirir destrezas en la disección y anastomosis de colgajos microquirúrgicos utilizados para la reconstrucción mamaria; así como el planteamiento de las modificaciones necesarias tal y como se ha expuesto en nuestro estudio.

Todos los estudios revisados en los que se empleó el cerdo como animal de experimentación se realizaron en vivo ya que es el mejor modelo para llevar a cabo experimentos donde los objetivos principales consisten en demostrar los diferentes angiosomas dependientes de cada arteria perforante, visualizar los distintos territorios vasculares mediante angiografía o tomografía computerizada y comprobar la viabilidad de los colgajos disecados, tanto en su forma pediculada como libre. Aunque el estudio de la vascularización puede ser realizada en cadáveres mediante la inyección de

contraste yodado y posterior tomografía computerizada como hicieron K. Neilendu<sup>43</sup> et al para el estudio de la arteria epigástrica superior en humanos, el modelo in vivo permite llevar a cabo la experimentación en las condiciones más fisiológicas y equiparables a las que nos podemos encontrar en nuestra práctica clínica habitual. No hay que olvidar que, para poder utilizar animales vivos en experimentación es imprescindible que todos los estudios que hagan uso de ellos, como es nuestro caso, sean aprobados por los respectivos comités de ética, que siempre se sigan los principios de las 3R (Reducción, Refinamiento y Reemplazo) y que estén bajo el amparo de las distintas leyes y reales decretos que establecen las normas básicas para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia; así como para el cuidado de los animales en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio. De esta manera se logra un uso lo más ético posible de los animales. Además nuestro estudio se planteó de la manera más eficiente posible para que se pudieran realizar el mayor número de colgajos con el menor número de especímenes y se hiciera un uso lo más ético posible de los animales. Por este motivo se emplearon los mismos animales que los incluidos en la práctica docente de disección microquirúrgica y se llevaron a cabo todos los colgajos, tanto del modelo DIEP tradicional como del colgajo basado en perforantes de la DSEA, en los mismos cerdos. Por último añadir que con el desarrollo del nuevo modelo de colgajo basado en un solo complejo mamario se pueden realizar en un solo cerdo tantos colgajos como complejos mamarios perfundidos por perforantes de la arteria epigástrica superior profunda presente el animal, con el incremento en el ratio nº colgajos/cerdo que ello supone.

En cuanto al tipo de estudio epidemiológico, el nuestro se trata de un estudio observacional, descriptivo y sin seguimiento de tipo serie de casos en el que se describen los hallazgos anatómicos encontrados en cada uno de los 9 cerdos estudiados sin compararlos con un grupo control. Las principales limitaciones de este tipo de estudio son que generan nuevas hipótesis de trabajo pero no permiten confirmarlas ya que carecen de un grupo control y que pueden presentar múltiples sesgos. Por este motivo se consideran los peores diseños y que aportan el nivel de evidencia más bajo. No obstante, este tipo de estudio es el más empleado a la hora de describir nuevos procedimientos quirúrgicos por ser el más sencillo, rápido y reproducible y porque cuando se describe una nueva técnica quirúrgica generalmente existen pocos casos realizados, menos tratándose de técnicas experimentales en las



que se emplean animales y hay que hacer un uso ético y restringido de éstos. Precisamente el objetivo de dichos estudios suele ser dar a conocer una técnica novedosa de la que no se tiene mucha experiencia y los casos son limitados. Además, hay que añadir que no sería ético sacrificar un gran número de animales sólo para obtener significación estadística cuando todavía no se ha comprobado si una técnica es viable en un número menor de especímenes. Una vez comprobada la viabilidad de tales técnicas en un número pequeño de animales se podrían plantear nuevos estudios que incluyeran un tamaño muestral más grande y obtener así datos estadísticamente significativos.

Los posibles sesgos del estudio se intentaron controlar en el diseño del mismo; para disminuir el sesgo de selección se procuró que todos los animales fueran de características similares y que durante todo el estudio fueran tratados de forma idéntica; y para reducir el sesgo del cirujano, puesto que no todos los participantes poseían las mismas habilidades quirúrgicas, se procuró que en cada pareja hubiera al menos un cirujano plástico con conocimientos en microcirugía y cirugía reconstructiva de la mama. Además, cada disección fue supervisada por el director del estudio para intentar que todos los procedimientos siguieran las mismas pautas y homogeneizar el estudio. No obstante, en estudios posteriores sería recomendable que todas las disecciones las realizara un mismo equipo de cirujanos.

Respecto al apartado de material y métodos, para el diseño del modelo tradicional del colgajo DIEP nos basamos en los conocimientos obtenidos de la práctica clínica en humanos y diversos artículos publicados sobre la realización de colgajos abdominales en cerdos<sup>35-38</sup>. Tras observar la viabilidad incierta del modelo tradicional, y comprobar el gran calibre de las perforantes de la arteria epigástrica superior profunda (DSEA), nos propusimos disecar en dirección cefálica dicha arteria, como ya habían realizado F. Bodin et al<sup>40</sup> en 2015. Bodin, al igual que nosotros, propuso el DIEP inverso como modelo porcino equivalente al colgajo DIEP en humanos; para ello dibujó una paleta cutánea siguiendo el patrón de una abdominoplastia inversa. No obstante, nosotros fuimos un paso más allá; dado que durante la disección de la arteria DSEA observamos que emitía perforantes para cada complejo mamario, propusimos un nuevo modelo de colgajo de arterias perforantes de la DSEA basado en un único complejo mamario. De esta manera se obtenía un ratio nº colgajos/cerdo mucho mayor que realizando el diseño de DIEP invertido propuesto por Bodin, en el que disecaba un único colgajo por

animal. Esto resulta de gran interés, puesto que el desarrollo de dicho modelo tiene un objetivo docente. Es por ello que maximizar la utilidad de cada animal aporta una mayor rentabilidad a los alumnos que puedan asistir a estos cursos de entrenamiento.

En cuanto a las variables seleccionadas, si bien es cierto que no tuvimos en cuenta ciertas variables examinadas en otros estudios (por ejemplo: diámetros exactos de cada vaso, tamaño de los colgajos, tiempo de isquemia o zonas de perfusión), dichas variables no eran de gran relevancia para el objetivo de nuestro estudio que era determinar si el cerdo podía ser un buen modelo de entrenamiento del colgajo DIEP en humanos y si era necesario sugerir alguna modificación. No obstante, si se planteara un nuevo estudio con un tamaño muestral más grande sí que sería recomendable determinar dichas variables para recoger toda la información posible y compararla con la obtenida en estudios previos; de esta manera, además de servirnos como modelo de entrenamiento, cada cerdo nos aportaría nuevos datos sobre su anatomía y fisiología, maximizando la utilidad de cada animal de estudio.

En cuanto a los resultados de nuestro estudio, durante la disección de los colgajos DIEP tradicional y colgajo DSEP en el cerdo hallamos ciertas diferencias vasculares respecto a la anatomía humana, que coincidían con lo observado por Minqiang<sup>36</sup> y Bodin<sup>40</sup>, y que determinarían las modificaciones realizadas en nuestro estudio sobre el diseño inicial del DIEP tradicional.

En el caso del aporte sanguíneo de la pared abdominal en humanos la arteria epigástrica inferior profunda (DIEA) es relativamente más importante que la arteria epigástrica superior (DSEA) dado que el diámetro de la arteria epigástrica inferior profunda es mayor, con un diámetro externo de 3.4 mm en su punto de origen en comparación con los 1.6 mm de diámetro externo de la arteria epigástrica superior<sup>18</sup>; por el contrario, en el cerdo la arteria epigástrica inferior profunda tiene un calibre y longitud menor que la arteria epigástrica superior profunda con un diámetro externo en el origen de 0,8-1 mm<sup>34</sup>. Además, en el humano hay una media de 5 perforantes con un diámetro mayor de 0.5 mm que nacen de cada epigástrica inferior profunda<sup>20</sup>, mientras que en el cerdo, tanto en el estudio de F. Bodin como en el de J. Mei no encontraron ninguna. En nuestro estudio sí que pudimos disecar 5 perforantes hasta su origen en la DIEA (de las 7 perforantes encontradas, en una no se logró hallar el origen en la DIEA y en otro caso la perforante no llegó a perforar el músculo recto anterior por lo que posiblemente se tratase de una rama de la arteria epigástrica

inferior superficial), pero dichas perforante eran de un calibre muy inferior al de los humanos. Añadir que, debido a la diferencia en la longitud de la DIEA, la anastomosis con la DSEA en el humano tiene lugar supraumbilicalmente y en el cerdo a nivel infraumbilical. Esto explicaría que, aunque en las dos especies la mayoría de perforantes del modelo DIEP tradicional se encontrasen periumbilicales, en el caso del humano el vaso principal sea la DIEA y en el cerdo la DSEA. De ahí que al realizar la disección de la perforante localizada en la parte más superior del colgajo DIEP (cerdo nº8) nos encontráramos con que ésta seguía una dirección craneal hasta alcanzar la DSEA. Todo lo anteriormente descrito nos hizo descartar el modelo tradicional de DIEP como el modelo porcino adecuado para el entrenamiento del colgajo homónimo en el humano.

La diferencia en la dominancia de la vascularización encontrada entre humanos y cerdos determinó la primera de las modificaciones de nuestro estudio, con el planteamiento de la disección en dirección cefálica de la arteria epigástrica superior profunda para valorar la calidad y calibre tanto de ésta como de sus perforantes. Durante este procedimiento se comprobó que existía una perforante para cada complejo mamario y que tanto la longitud como el diámetro de estos vasos eran muy superiores a los hallados en la disección tradicional.

Este segundo hallazgo determinó la segunda modificación del estudio, con el diseño de un nuevo colgajo de arteria perforante de la arteria epigástrica superior profunda basada en un solo complejo mamario. La disección de este modelo de colgajo resultó ser equivalente a la disección del colgajo DIEP en humanos con la diferencia de que la disección se realizaba en dirección cefálica en vez de caudal. Además este nuevo colgajo aportaba otras ventajas sobre los modelos anteriores: obteníamos un ratio nº de colgajos/cerdo mayor que con el diseño de DIEP con abdominoplastia invertida presentado por Bodin, ya que se podían disecar tantos nuevos colgajos como complejos mamaros irrigados por la DSEA tuviera la cerda, reduciendo así el número necesario de animales para cada práctica de entrenamiento; permitía que dos equipos trabajaran al mismo tiempo, uno a cada lado del animal; por último, otra ventaja de este nuevo modelo de colgajo era que se facilita el cierre del sitio donante ya que éste era menor que en la abdominoplastia inversa; esto tiene interés de cara a su uso en estudios experimentales en los que el animal deba permanecer vivo tras la intervención.

Por todo lo anterior creemos que el nuevo modelo de colgajo basado en arterias perforantes de la arteria epigástrica superior profunda con el diseño sobre un complejo mamario representa el modelo porcino más adecuado para realizar prácticas de entrenamiento del colgajo DIEP libre en humanos, permitiendo prácticas formativas en microcirugía más éticas y costo eficientes.

En cuanto al drenaje venoso, en el humano, el colgajo DIEP drena principalmente a través de las venas epigástricas inferiores profundas. Estas venas presentan cerca de su unión con la vena iliaca externa un diámetro medio de 3.5 a 4.5 mm<sup>18</sup>. Sin embargo, existe una relación inversa entre las venas del sistema profundo y las venas superficiales. De hecho, el sistema de la vena epigástrica inferior superficial puede ser el dominante en algunos casos. Sin embargo, en los nueve cerdos disecados observamos una clara dominancia del sistema epigástrico superficial sobre las venas epigástricas inferiores profundas. Este sistema venoso superficial formaba dos voluminosos árboles venosos a lo largo de la pared abdominal del cerdo, aproximadamente 1-2 cm lateral a los pezones, con múltiples ramificaciones, por lo que se aconseja reducir el tamaño transversal del colgajo para evitarlo puesto que la disección de dicho sistema superficial no tiene interés a nivel de la práctica quirúrgica, dado que, dado que es mucho más voluminoso que en el ser humano. Con respecto a las venas epigástricas superiores profundas y sus perforantes, éstas mostraron un calibre y longitud adecuados para llevar a cabo el drenaje de los colgajos sin condicionar congestión venosa.

La anastomosis de los 4 colgajos DSEP transferidos se realizó a los vasos femorales superficiales debido a: (1) que no era necesario modificar la posición del animal en la mesa quirúrgica; (2) la accesibilidad y fácil disección de estos vasos a diferencia de los vasos mamaros internos que, como ya describió Bodin, se encuentran más profundos que en el humano y es necesario retirar parte de la costilla para acceder a ellos; y (3) que el calibre de las perforantes de los vasos epigástricos superiores profundos y los vasos femorales superficiales resultaron ser muy similares permitiendo una adecuada y permeable anastomosis entre ambos vasos. Aunque es cierto que de esta manera no se consigue reproducir fielmente el procedimiento de reconstrucción mamaria en el humano, no hay que olvidar que el objetivo de este estudio era obtener un modelo porcino adecuado en el que adquirir las habilidades quirúrgicas para llevar a cabo un colgajo DIEP en humanos, no la reconstrucción mamaria en el propio animal de

estudio, por lo que consideramos que los vasos femorales superficiales son un modelo válido de vasos receptores para realizar el entrenamiento. En estudios futuros se podría ir un paso más allá y, tras realizar la mastectomía de uno de los complejos mamarios torácicos de la cerda, reconstruir ese defecto mediante un colgajo hemi-DSEP anastomosado a los vasos torácicos internos. De esta manera conseguiríamos un modelo de entrenamiento lo más fiel posible a lo que nos enfrentamos en nuestra práctica clínica diaria y permitiría simular la disección subcostal de la arteria mamaria interna.

Por otro lado, destacamos otras diferencias anatómicas que pudimos apreciar entre los humanos y los cerdos: (1) la epidermis y dermis del cerdo eran más gruesas, lo que nos obligó a emplear un bisturí del número 23 para la incisión en la piel; (2) la capa de tejido graso hipodérmico era bastante más delgada que en humanos y no existía acúmulo graso en ninguna localización, como sucede en la parte inferior del abdomen de las mujeres, por lo que el volumen de tejido graso obtenido con el colgajo DIEP tradicional era algo deficiente para realizar una reconstrucción mamaria adecuada; no obstante, no era necesario mucho volumen para reconstruir la mamas de la cerda dado su pequeño tamaño; además este tipo de colgajo se podría emplear para reconstruir otros defectos que no requiriesen mucho volumen; (3) existe una capa muscular adicional llamada *musculi cutanei trunci* entre la piel y el músculo recto abdominal que llevó a equívocos en las primeras disecciones al confundirlo con el músculo recto abdominal; en su parte más caudal sigue una dirección oblicua; y (4) la coagulación en el cerdo resultó ser mucho más rápida que la observada en el humano, lo que facilitó la disección de los distintos colgajos sin llegar a provocar trombosis indeseadas, ni siquiera al realizar las anastomosis. No obstante, sería recomendable realizar nuevos estudios que determinaran la necesidad de instaurar un protocolo de heparinización intraoperatorio.

Todos los datos anteriormente expuestos nos permiten defender que el cerdo puede ser un buen modelo experimental para realizar programas de formación y entrenamiento en la disección y anastomosis de colgajos libres basados en la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP) para reconstrucción mamaria empleando el nuevo modelo de colgajo de perforante basado en la DSEA y centrado en un complejo mamario.

Por último, cabe precisar la nomenclatura empleada en este estudio. Revisando los artículos publicados sobre esta materia, observamos que en la mayoría se menciona la arteria epigástrica superior (SEAP) sin precisar si se trata de la profunda o de la superficial, salvo en los artículos de J. Mei y Minqiang, que afirman que se trata de la arteria epigástrica superior profunda (DSEA). En los atlas de anatomía veterinaria de Popesko<sup>44</sup> y Sisson<sup>33</sup> se distingue una arteria profunda y otra superficial, pero ésta última se describe como un pequeño vaso de poca relevancia para los estudios de colgajos de perforantes. Por lo tanto podemos concluir que los estudios previos obvian la existencia de la arteria epigástrica superior superficial, refiriéndose a la arteria epigástrica superior profunda como arteria epigástrica superior. En nuestro estudio hemos empleado las siglas DSEA para referirnos a la arteria epigástrica superior profunda y DSEP para referirnos a sus arterias perforantes.

## **6. CONCLUSIONES**

Con el desarrollo del colgajo DSEP, o DIEP inverso, el cerdo ha probado ser un modelo de entrenamiento adecuado para realizar programas de formación y entrenamiento en disección y transferencia de colgajos de perforantes de tejido abdominal equiparables al DIEP en humanos. Además, el nuevo modelo hemi-DSEP permite llevar a cabo múltiples colgajos y transferencias microvasculares en un mismo animal, favoreciendo cursos formativos más éticos y rentables.

Los resultados de nuestro estudio sirven de punto de partida para un estudio anatómico de mayor envergadura que permita consolidar el nuevo colgajo hemi-DSEP como modelo de referencia en el entrenamiento en colgajo DIEP.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. WHO. Breast cancer: prevention and control. [www.who.int/cancer/detection/breastcancer/en/index1.html](http://www.who.int/cancer/detection/breastcancer/en/index1.html).
2. Torre L, Bray F, Siegel R. Global cancer statistics, 2012. *CA Cancer J Clin*. 2015;65:87.
3. Kesson E, Allardice G, George W. Effects of multidisciplinary team working on breast cancer survival: retrospective, comparative, international cohort study of 13722 women. *BMJ*. 2012;344:e2718.
4. Kronowitz S. Immediate versus delayed reconstruction. *Clin Plast Surg*. 2007;34:39-50.
5. Cho B, McCready D. Oncologic principles in breast reconstruction. *Clin Plast Surg*. 2007;34:1-13.
6. Overgaard M, Hansen P, Overgaard J, Al E. Postoperative radiotherapy in high-risk premenopausal women with breast cancer who receive adjuvant chemotherapy. *N Engl J Med*. 1997;337:949-955.
7. Ragaz J, Jackson S, Le N, Al E. Adjuvant radiotherapy and chemotherapy in node-positive premenopausal women with breast cancer. *N Engl J Med*. 1997;337:956-962.
8. Nava M, Pennati A, Lozza L, Spano A, Zambetti M, Catanuto G. Outcome of different timing of radiotherapy in implant-based breast reconstructions. *Plast Reconstr Surg*. 2011;128:353-359.
9. Hermiz SJ, Kallianen LK. Evidence-Based Medicine. *Plast Reconstr Surg*. 2017;140(1):120e-129e. doi:10.1097/PRS.0000000000003477.
10. Cordeiro P, McCarthy C. A single surgeon's 12-year experience with tissue expander/implant breast reconstruction: Part I. A prospective analysis of early complications. *Plast Reconstr Surg*. 2006;118:825-831.
11. Cordeiro P, McCarthy C. A single surgeon's 12-year experience with tissue expander/implant breast reconstruction: Part II. An analysis of long-term complications, aesthetic outcomes and patient satisfaction. *Plast Reconstr Surg*. 2006;118:832-839.
12. Vardanian A, Clayton J. Comparison of implant-based immediate breast reconstruction with and without acellular dermal matrix. *Plast Reconstr Surg*. 2011;128:403e-410e.
13. Kroll S. Fat necrosis in free transverse rectus abdominis myocutaneous and deep inferior epigastric perforator flaps. 2000;106:576-583.
14. Hartrampf C, Schefflan M, Black P. Breast reconstruction with a transverse abdominal island flap. *Plast Reconstr Surg*. 1982;69(2):216-225.
15. Sinna R, Boloorchhi A, Mahajan A. What should define a perforator flap? *Plast Reconstr Surg*. 2010;126(6):2258-2263.
16. Saint-Cyr M, Schaverien M, Rohrich R. Perforator flaps: history, controversies,



- physiology, anatomy and use in reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. 2009;123(4):132-145.
17. Granzow JW, Levine JL, Chiu ES, Allen RJ. Breast reconstruction using perforator flaps. *J Surg Oncol*. 2006. doi:10.1002/jso.20481.
  18. Gagnon AR, Blondeel PN. Colgajos de perforantes de las arterias epigástricas inferiores profunda y superficial. *Cir Plast Ibero-Latinoamericana*. 2006;32(4). doi:10.1016/B978-84-8086-703-0.00035-7.
  19. Rogers N, Allen R. Radiation effects on breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator flap. *Plast Reconstr Surg*. 2002;109(6):1919-1924.
  20. El-Mrakby H, Milner R. The vascular anatomy of the lower anterior abdominal wall: a microdissection study on the deep inferior epigastric vessels and the perforator branches. *Plast Reconstr Surg*. 2002;109 (2):539.
  21. Reardon C, O'Ceallaigh S, O'Sullivan S. An anatomical study of the superficial inferior epigastric vessels in humans. *Br J Plast Surg*. 2004;57(6):515-519.
  22. MD Jose Russo. Breast development and morphology. [http://uptodates.zhms.csinet.es/contents/breast-development-and-morphology?source=search\\_result&search=anatomía mamaria&selectedTitle=1~8#H3](http://uptodates.zhms.csinet.es/contents/breast-development-and-morphology?source=search_result&search=anatomía mamaria&selectedTitle=1~8#H3). Published 2017. Accessed July 19, 2017.
  23. Allen R, ASHeitland. Superficial inferior epigastric artery flap for breast reconstruction. *Semin Plast Surg*. 2002;16 (1):35.
  24. Kroll S, Reece G, Miller M, et al. Comparison of cost for DIEP and free TRAM flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg*. 2001;107 (6):1413.
  25. Vermeulen P, Fabre G, Vandevoort M. Superficial inferior epigastric artery flap for breast reconstruction: results and complications in 43 cases. *J Reconstr Microsurg*. 2005;21:A008.
  26. Nguyen A, Dupin C, Allen R. Bilateral breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap: an experience with 280 flaps. *Ann Plast Surg*. 2004;52 (3):246.
  27. Busic V, Das-Gupta R, Mesic H, Begic A. The deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction, the learning curve explored.
  28. Bodin F, Dissaux C, Lutz JC, Hendriks S, Fiquet C, Bruant-Rodier C. The DIEP flap breast reconstruction: Starting from scratch in a university hospital. *Ann Chir Plast Esthet*. 2015. doi:10.1016/j.anplas.2015.02.005.
  29. Hallock G, Rice D. Efficacy of venous supercharging of the deep inferior epigastric perforator flap in a rat model. *Plast Reconstr Surg*. 2005;116(2):551-555.
  30. Hallock G, Rice D. Cranial epigastric perforator flap: a rat model of a true perforator flap. *Ann Plast Surg*. 2003;50 (4):393-397.
  31. Chang H, Minn K, Imanishi N, Minabe T, Nakajima H. Effect of venous superdrainage on a four-territory skin flap survival in rats. *Plast Reconstr Surg*. 2007;119(7):2046-2051.

32. Yamamoto Y, Sakurai H, Nakazawa H, Nozaki M. Effect of vascular augmentation on the haemodynamics and survival area in a rat abdominal perforator flap model. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2009;62 (2):244-249.
33. Sisson S, Grossman J. *Anatomía de Los Animales Domésticos*. Quinta edi.; 2002.
34. Mei J, Yin ZX, Zhang J, et al. A mini pig model for visualization of perforator Xap by using angiography and MIMICS. *Surg Radiol Anat*. 2010;32(5):477-484. doi:10.1007/s00276-009-0588-6.
35. Bodin F, Diana M, Koutsomanis A, Robert E, Marescaux J, Bruant-rodier C. Porcine model for free-flap breast reconstruction training. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*. 2015;68:1402-1409. doi:10.1016/j.bjps.2015.06.006.
36. Xin M, Luan J, Mu D, Mu L. Transmidline abdominal skin flap model in pig: Refinements and advancements. *J Reconstr Microsurg*. 2012. doi:10.1055/s-0031-1289162.
37. Nistor A, Jiga L, Georgescu D, et al. 39 the Pig as an ideal training Model for Perforator Flap dissection in living tissue. 2014;133(3).
38. Haughey B, Panje W. A porcine model for multiple musculocutaneous flaps. *Laryngoscope*. 1989;99 (2):204-212.
39. Villamaria CY, Rasmussen TE, Spencer JR, Patel S, Davis MR. Microvascular porcine model for the optimization of vascularized composite tissue transplantation. *J Surg Res*. 2012. doi:10.1016/j.jss.2012.03.051.
40. Bodin F, Diana M, Koutsomanis A, Robert E, Marescaux J, Bruant-Rodier C. Porcine model for free-flap breast reconstruction training. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*. 2015;68(10):1402-1409. doi:10.1016/j.bjps.2015.06.006.
41. Stefanidis D, Yonce T, Green J, Coker A. Cadavers versus pigs: which are better for procedural training of surgery residents outside the OR? *Surgery*. 2013;154(7):34.
42. Dorion D, Boyd J, Pang C. Augmentation of transmidline skin perfusion and viability in transverse rectus abdominis myocutaneous (TRAM) flaps in the pig. *Plast Reconstr Surg*. 1991;88 (4):642-649.
43. Kundu N, Chopra K, Morales R, Djohan R, Chung T, Gastman BR. Superior epigastric artery perforator (SEAP) flap: A novel approach to autologous breast reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*. 2015. doi:10.1016/j.bjps.2014.12.006.
44. Popesko P. *Atlas de Anatomía Topográfica de Los Animales Domésticos*.; 1998.

## 8. ANEXOS

ANIMAL	PESO (kg)	DISEÑO TRADICIONAL DIEP		DISEÑO ALTERNATIVO DSEP SOBRE UN COMPLEJO MAMARIO		ANASTOMOSIS (Colgajo DSEP de un complejo mamario)	
		Nº Perforantes	Viabilidad del colgajo pediculado	Nº Perforantes	Viabilidad del colgajo pediculado	Nº Perforantes	Viabilidad del colgajo libre
1	33,5	1	+	Una para cada complejo mamario	+		
2	30,8	0	-				
3	33	2	+				
4	33,9	1	+				
5	34,8	0	-				
6	36,8	0	-			1	+
7	48	1	+			1	+
8	48,5	1	+			1	+
9	35,6	1	-			1	+

Tabla 1. Tabla de resultados.